



**UNIVERSIDAD DE CUENCA**  
**FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS**  
**ESCUELA DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

**“EVALUACIÓN DE LOS IMPACTOS DE LA INDUSTRIA DE TRUCHA ARCOÍRIS EN LA CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO QUINUAS, PARQUE NACIONAL EL CAJAS.”**

**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE  
INGENIERA AMBIENTAL**

**AUTORA:**

**VIVIANA CRISTINA ARÍZAGA IDROVO**  
CI. 0104628672

**TUTOR:**

**ING. PATRICIO JAVIER CRESPO SÁNCHEZ, PhD.**  
CI. 0102572773

**ASESOR:**

**ING. JUAN PATRICIO PESÁNTEZ VALLEJO, MSc.**  
CI. 0104894530

**CUENCA – ECUADOR**  
**2018**

## RESUMEN

En regiones altoandinas, los páramos desarrollan servicios fundamentales para los pobladores aguas abajo de las cuencas en donde se ubican. En Ecuador, los páramos que comprenden El Parque Nacional El Cajas (PNC), están dentro de los principales proveedores de agua para Cuenca. La piscicultura es una de las principales actividades socio-económicas del sector. Esta industria puede generar degradación ambiental ya que los efluentes pueden tener grandes cantidades de desechos y plantean una seria amenaza a la calidad de agua de zonas montañosas. El objetivo de este estudio fue evaluar el cambio en la calidad del agua, comparando los resultados fisicoquímicos aguas arriba y en el canal de descarga de cuatro piscícolas (Dos Chorreras, Reina del Cisne, Estación Arco Iris, y ETAPA) que captan su agua y descargan sus efluentes al río Quinuas; tanto en todos los tipos de caudal, como categorizándolos en bajos, medios, y altos. El muestreo se realizó semanalmente desde julio de 2014 hasta julio de 2017. Se realizó la prueba estadística U de Mann Whitney ( $p < 0.05$ ). Cambios estadísticamente significativos en el análisis en todos los tipos de caudal se presentaron en Dos Chorreras (turbiedad, DQO, DBO, COT, COD,  $\text{NO}_2$ ,  $\text{NO}_3$ , y NT); Reina del Cisne (turbiedad); Estación Arco Iris (turbiedad, conductividad, DBO, COD,  $\text{NO}_2$ ,  $\text{NO}_3$ ,  $\text{PO}_4$ , y  $\text{SO}_4$ ); y en ETAPA ( $\text{NO}_2$ ,  $\text{NO}_3$ ,  $\text{PO}_4$ ,  $\text{SO}_4$ ). Se encontraron cambios más evidentes en las piscícolas que suministran mayor cantidad de alimento. Así también, el impacto en la calidad de agua se ve disminuido significativamente cuando existen sistemas de tratamiento de efluentes previo a la descarga.

**Palabras clave:** trucha arcoíris, piscícola, calidad de agua, efluente.

## ABSTRACT

In Andean regions, 'páramos' provide vital services for downstream populations. In Ecuador, Cajas National Park 'páramos' are one of the main quality water providers to the city of Cuenca. Fishing farms are one of the main socio-economic activities in the Quinuas basin. This industry can generate environmental impact because the discharged effluents can have a great amount of waste and can become a serious threat to water quality from mountain regions. The aim of this study was to evaluate the changes in water quality parameters from four fish farms (Dos Chorreras, Reina del Cisne, Estación Arco Iris, and ETAPA), that catch its water and discharge it to the Quinuas river. The analysis was made in all types of flows, as well as in low, medium, and high flows. Weekly monitoring was executed between July, 2014 and July, 2017. Mann Whitney U ( $p < 0.05$ ) was performed and found statistically significant differences in Dos Chorreras (turbidity, COD, BOD, TOC, DOC,  $\text{NO}_2$ ,  $\text{NO}_3$ , and TN); Reina del Cisne (turbidity); Estación Arco Iris (turbidity, conductivity, BOD, DOC,  $\text{NO}_2$ ,  $\text{NO}_3$ ,  $\text{PO}_4$ , and  $\text{SO}_4$ ); and ETAPA ( $\text{NO}_2$ ,  $\text{NO}_3$ ,  $\text{PO}_4$ , and  $\text{SO}_4$ ). Evident changes were observed in the farms that use larger amounts of food. In addition, the impact on water quality was greatly reduced when there is effluent treatment previous the discharge to the river.

**Keywords:** *rainbow trout, fish farm, water quality, effluent.*

## ÍNDICE

<b>RESUMEN.....</b>	<b>1</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>2</b>
<b>1. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>9</b>
<b>2. MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>11</b>
<b>2.1 Área de estudio.....</b>	<b>11</b>
<b>2.2 Descripción de las piscícolas .....</b>	<b>12</b>
<b>2.3 Monitoreo y Análisis .....</b>	<b>14</b>
<b>2.3.1 Muestreo .....</b>	<b>14</b>
<b>2.3.2 Análisis de muestras.....</b>	<b>14</b>
<b>2.3.3 Determinación de caudal .....</b>	<b>15</b>
<b>2.3.4 Análisis estadístico .....</b>	<b>15</b>
<b>3. RESULTADOS .....</b>	<b>16</b>
<b>3.1 Análisis de caudales .....</b>	<b>16</b>
<b>3.2 Análisis del impacto de las piscícolas en parámetros de calidad de agua .....</b>	<b>17</b>
<b>4. DISCUSIÓN .....</b>	<b>23</b>
<b>5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>28</b>
<b>REFERENCIAS .....</b>	<b>30</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>36</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Producción anual y características del alimento suministrado en cada piscícola. ....	13
Tabla 2. Descripción de los puntos de monitoreo. ....	14
Tabla 3. Valores de significancia entre la entrada y la salida en las cuatro piscícolas en todos los caudales, y en caudales bajos, medios, y altos. ....	19

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de la cuenca del río Quinuas, con cobertura vegetal, lagunas, piscícolas y puntos de monitoreo. ....	12
Figura 2. Curva de no excedencia de la subcuenca Chirimachay. ....	17
Figura 3. Forest plots en todos los caudales, y en caudales bajos, medios, y altos. ....	22

## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo I. Mediana, mínimo, y máximo de la piscícola Dos Chorreras en todos los tipos de caudal, y en caudales bajos, medios, y altos. ....	36
Anexo II. Mediana, mínimo, y máximo de la piscícola Reina del Cisne en todos los tipos de caudal, y en caudales bajos, medios, y altos. ....	37
Anexo III. Mediana, mínimo, y máximo de la piscícola Estación Arco Iris en todos los tipos de caudal, y en caudales bajos, medios, y altos. ....	38
Anexo IV. Mediana, mínimo, y máximo de la piscícola ETAPA en todos los tipos de caudal, y en caudales bajos, medios, y altos. ....	39
Anexo V. Características y composición del alimento balanceado. ....	40
Anexo VI. Registro Ambiental de la piscícola Dos Chorreras. ....	41
Anexo VII. Plan de muestreo del efluente de la piscícola Reina del Cisne. ....	51
Anexo VIII. Registro Ambiental de la piscícola Estación Arco Iris. ....	58
Anexo IX. Producción anual de la piscícola administrada por ETAPA EP "Chirimachay". ....	65

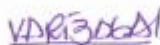


UNIVERSIDAD DE CUENCA

#### CLÁUSULA DE PROPIEDAD INTELECTUAL

Yo, Viviana Cristina Arízaga Idrovo, autora del trabajo de titulación "EVALUACIÓN DE LOS IMPACTOS DE LA INDUSTRIA DE TRUCHA ARCOÍRIS EN LA CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO QUINUAS, PARQUE NACIONAL EL CAJAS", certifica que todas las ideas, opiniones, y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autora.

Cuenca, 06 de marzo de 2018



Viviana Cristina Arízaga Idrovo

CI. 0104628672

Viviana Arízaga Idrovo

UNIVERSIDAD DE CUENCA



**CLÁUSULA DE LICENCIA Y AUTORIZACIÓN PARA PUBLICACIÓN EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL**

Yo, Viviana Cristina Arízaga Idrovo, en calidad de autora y titular de los derechos morales y patrimoniales del trabajo de titulación "EVALUACIÓN DE LOS IMPACTOS DE LA INDUSTRIA DE TRUCHA ARCOÍRIS EN LA CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO QUINUAS, PARQUE NACIONAL EL CAJAS", de conformidad con el Art. 114 del CÓDIGO ORGÁNICO DE LA ECONOMÍA SOCIAL DE LOS CONOCIMIENTOS, CREATIVIDAD, E INNOVACIÓN reconozco a favor de la Universidad de Cuenca una licencia gratuita, intransferible, y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos.

Asimismo, autorizo a la Universidad de Cuenca para que realice la publicación de este trabajo de titulación en el repositorio institucional, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Cuenca, 06 de marzo de 2018

VIVIANA

Viviana Cristina Arízaga Idrovo

CI. 0104628672

Viviana Arízaga Idrovo



## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo de manera especial a mi abuelita Betty, por su inmensa bondad, amor, y cariño. Espero que desde el cielo estés orgullosa.

A la mujer que más admiro, mi madre Patricia, por ser ejemplo de constancia, sacrificio, y sobretodo fortaleza. Mis logros son los tuyos.

A mis padres y hermanas, por su apoyo incondicional y por guiar mi camino en todo momento.

Viviana Arízaga Idrovo

Cuenca, febrero de 2018





## AGRADECIMIENTOS

De manera especial, agradezco al Ing. Patricio Crespo, PhD. y al Ing. Juan Pesántez, MSc. por su apoyo, consejos, dirección, y guía durante la realización de este trabajo.

Agradezco a todo el personal del Departamento de Recursos Hídricos y Ciencias Ambientales iDRHiCA de la Universidad de Cuenca, especialmente al Ing. Franklin Marín, MSc. por su desinteresada ayuda durante la elaboración de este trabajo, y a todas las personas que ayudaron con el trabajo de campo para la recolección de muestras y obtención de datos utilizados en esta investigación.

A la "Plataforma para el monitoreo e investigación de los ecosistemas del sur del Ecuador" a través del proyecto "Desarrollo de indicadores hidrológicos funcionales para la evaluación del impacto del cambio global en ecosistemas andinos", financiado por la SENESCYT y la Dirección de Investigación de la Universidad de Cuenca DIUC.

Igualmente, agradezco a la Comisión de Gestión Ambiental CGA de la I. Municipalidad de Cuenca, a la Empresa Pública Municipal de Telecomunicaciones, Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento ETAPA EP, y al Ministerio de Acuacultura y Pesca a través de la Subsecretaría de Acuacultura por la ágil entrega y facilitación de información fundamental para la ejecución de este proyecto.

Viviana Arízaga Idrovo  
Cuenca, febrero de 2018

## 1. INTRODUCCIÓN

En las regiones altoandinas, los páramos proveen servicios y funciones de vital importancia para los pobladores aguas abajo de las cuencas en donde se ubican. En el Ecuador, gran parte de la población depende de manera directa o indirecta del estado de conservación de los páramos, siendo estos muchas veces subestimados (Beltrán et al., 2009; Hayes et al., 2014). El alto crecimiento poblacional y la agricultura concentrada en el valle interandino seco, contribuyen a la constante demanda de agua para uso doméstico e industrial, generación hidroeléctrica, y sistemas de riego para ciudades de la región Andina (Célleri et al., 2010; Crespo et al., 2011). Así también, los páramos ofrecen otros servicios ecosistémicos como el almacenamiento de carbono y conservación de biodiversidad (Célleri & Feyen, 2009; Mosquera et al., 2016).

Dentro de los páramos ecuatorianos, las zonas que comprenden El Parque Nacional El Cajas (PNC), están dentro de las principales proveedoras de agua de calidad para la ciudad de Cuenca. Este es un sector altamente turístico ya que es un lugar fuertemente relacionado con la espiritualidad y la identidad de la población (Hofstede, 2008). Además de su riqueza paisajística y belleza escénica que atraen a turistas locales, nacionales, y extranjeros. Así mismo, posee una gran variedad de flora y fauna endémica, lo que lo hace una de las regiones más biodiversas del mundo (Myers, Mittermeier, Mittermeier, da Fonseca, & Kent, 2000).

Dentro de las actividades que se desarrollan en la cuenca del río Quinuas y en zonas cercanas a la misma están la pesca deportiva y la piscicultura. En Ecuador, en los últimos años la demanda de trucha ha aumentado en un 10% (Subsecretaría de Acuicultura y Pesca, 2014). A medida que la piscicultura se intensifica tanto en tamaño como en capacidad de producción, también aumenta la probabilidad de posibles impactos en los ecosistemas acuáticos (Boyd, 2003). Además, la piscicultura es una industria en crecimiento, pues genera trabajo e ingresos económicos a los habitantes del sector. Los propietarios de las piscícolas cultivan y distribuyen este producto a restaurantes, establecimientos que ofrecen pesca deportiva, comercializadores de la ciudad de Cuenca, y en algunos casos para consumo en restaurantes y hosterías propias. Por ello, a esta actividad no sólo se la puede considerar de importancia cultural, sino también socio-económica; por lo que se prevé un posible incremento de la actividad piscícola en el sector.

La industria piscícola es susceptible a generar degradación ambiental debido a que los efluentes descargados a los cauces de agua pueden tener grandes cantidades de desechos y proponen una seria amenaza a la calidad de agua de zonas montañosas (Nordvarg & Johansson, 2002;

Zivic, Markovic, Filipovic-Rojka, & Zivic, 2009). Estos desechos provienen principalmente del alimento no consumido por los peces y las heces de los mismos (Guilpart et al., 2012). Papatryphon, Petit, Van Der Werf, Sadasivam, & Claver, (2005); y Sindilariu, (2007) encontraron que por cada tonelada de trucha producida; 150 – 300 kg de alimento no consumido y 250 – 300 kg de heces son descargados al sistema acuático. Esto genera que una alta cantidad de nutrientes y posibles contaminantes se descarguen en cuerpos acuáticos, pudiendo causar problemas de eutrofización en los mismos (Quispesivana Vásquez, Talavera Núñez, & Inga Guevara, 2015). De la misma manera, puede existir una introducción de residuos químicos proveniente de antibióticos y fungicidas (Song et al., 2017), lo que genera toxicidad en los organismos acuáticos (animales y plantas), a la vez que se desarrollan bacterias y genes resistentes suponiendo una amenaza a nivel ecológico, incluso en concentraciones bajas (Wang et al., 2017). Hay factores fundamentales que se deben tener en cuenta, pues influyen significativamente en la calidad de agua descargada. Entre ellos están la cantidad y calidad de alimento proporcionado, el porcentaje de proteína y fósforo en éste, y la capacidad de producción de la piscícola (Hatami, Paul, Soofiani, & Asadollah, 2017). También es importante conocer el caudal del río que recibe los efluentes; pues de esto dependerá la capacidad de autodepuración de contaminantes (Boaventura, Pedro, Coimbra, & Lencastre, 1997).

En la crianza de truchas se utilizan alimentos balanceados, ya que la trucha arcoíris es una especie carnívora. Como nutrientes básicos necesarios están proteínas, grasas, carbohidratos, minerales, fibras, y vitaminas (CEDEP & ANTAMINA, 2009). La cantidad de alimento suministrado dependerá de la fase de crecimiento en la que se encuentre el pez; tomando como referencia peso, tamaño, y estadio sexual del animal (Jokumsen & Svendsen, 2010). En truchas pequeñas, el porcentaje de proteína del alimento será alto; valor que disminuye a medida que el pez aumenta de tamaño (FAO, 2014). A más de que se debe tener en cuenta un factor fundamental que es la temperatura del agua; pues a mayor temperatura, mayor cantidad de alimento suministrado (Miller & Semmens, 2002).

En la zona de estudio la especie de trucha sembrada es la trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss* sp.). Esta especie fue introducida debido a las condiciones climáticas y calidad de agua propicias para su desarrollo (Romero, Ponce, & Marcillo, 2010). A pesar de la existencia de industrias de producción de trucha aguas arriba de la zona de captación de la ciudad, no se tienen estudios de los posibles impactos de esta actividad en las condiciones fisicoquímicas y biológicas del agua de los ríos.

Consecuentemente a lo anterior, no es posible desarrollar medidas de planificación, regulación, y control sobre esta actividad en base a un sustento científico. Previo a que una nueva piscícola se establezca, o que haya un aumento de producción en una ya existente; se deberían evaluar los potenciales impactos ambientales que se podrían producir (Gillibrand & Turrell, 1997). Teniendo en cuenta la importancia de los páramos para la ciudad de Cuenca y las regiones altoandinas del país; es necesario evaluar los efectos que la industria de trucha arcoíris acarrea en la calidad del agua. Por consiguiente, el objetivo de este estudio es evaluar el cambio en la calidad del agua, comparando los resultados fisicoquímicos (pH, turbiedad, conductividad, DQO, DBO, COT, COD, NO<sub>2</sub>, NO<sub>3</sub>, NT, PO<sub>4</sub>, SO<sub>4</sub>) de muestras tomadas aguas arriba, y en el canal de descarga de cuatro piscícolas que captan su agua y descargan sus efluentes al Río Quinuas.

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

### 2.1 Área de estudio

El área de estudio corresponde a la cuenca del río Quinuas, aproximadamente a 20 km de la ciudad de Cuenca, provincia del Azuay (*Figura 1*). Está ubicada en la zona de páramo del PNC, el cual tiene una extensión de 28 544 has y se encuentra en un rango altitudinal entre 3 152 y 4 445 m s. n. m. (MAE, 1997).

En el páramo el clima es tropical típico de alta montaña. Se caracteriza por ser húmedo y frío con una variabilidad estacional baja. La temperatura promedio oscila entre los 6.9 y 8.8 °C (Córdova et al., 2016). En cuanto a la radiación solar, debido a su ubicación cerca del ecuador, es aproximadamente constante a lo largo del año (Buytaert et al., 2006).

Debido a la compleja topografía de las montañas, la precipitación puede variar en gran medida, incluso en escalas pequeñas (Killeen, Douglas, Consiglio, Jørgensen, & Mejia, 2007). La precipitación anual promedio en el páramo varía ampliamente entre 700 y 3000 mm (Buytaert et al., 2006), sin embargo estudios recientes estiman valores de precipitación anuales entre 1010 y 1390 mm en páramos ecuatorianos y peruanos (Muñoz, Céleri, & Feyen, 2016; Ochoa-Tocachi et al., 2016; Padrón, Wilcox, Crespo, & Céleri, 2015). Al encontrarse en la Zona de Convergencia Tropical, dos veces al año se generan perturbaciones al presentar densas nubosidades, niebla, y lluvias. El periodo principal comprende los meses de febrero a mayo; y de octubre a noviembre, uno menos pronunciado. Por otro lado, de junio a septiembre, se presenta la estación más fría y seca (Padrón et al., 2015).

En cuanto a los suelos, los más comunes en el páramo son los andosoles, entisoles, inceptisoles, e histosoles (Soil Survey Staff, 2003). La cobertura vegetal que predomina en el páramo es el

pajonal y los humedales; cubriendo el 70 y el 5 % de la superficie, respectivamente. El 5 % restante lo ocupan bosques de polylepis y pino (De la Cruz et al., 2009; Mosquera, Lazo, Céleri, Wilcox, & Crespo, 2015).

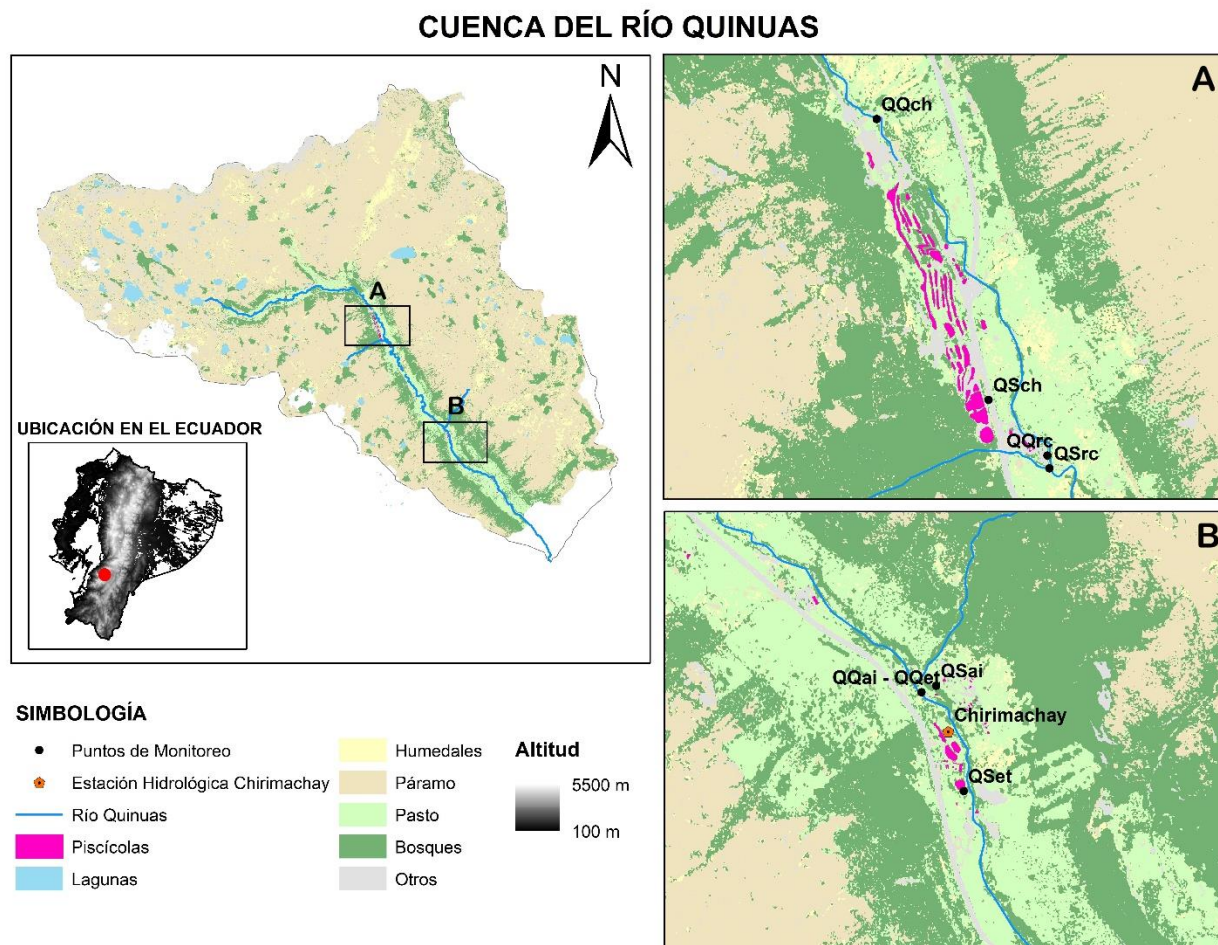


Figura 1. Mapa de la cuenca del río Quinuas, con cobertura vegetal, lagunas, piscícolas y puntos de monitoreo. QQch = Entrada Dos Chorreras; QSch = Salida Dos Chorreras; QQrc = Entrada Reina del Cisne; QSrc = Salida Reina del Cisne; QQai = Entrada Arco Iris; QSai = Salida Arco Iris; QQet = Entrada ETAPA; QSet = Salida ETAPA. Fuente: WGS 1984, IGM 2012, Levantamiento de datos GPS.

## 2.2 Descripción de las piscícolas

Cuatro piscícolas, consideradas las más importantes debido a su tamaño, fueron monitoreadas; Dos Chorreras, Reina del Cisne, Estación Arco Iris, y ETAPA (Tabla 2).

La Comisión de Gestión Ambiental (CGA) de la I. Municipalidad de Cuenca facilitó datos de la producción anual de las piscícolas Dos Chorreras y Reina del Cisne. Asimismo, proporcionó información sobre la cantidad de alimento suministrado en las cuatro piscícolas. En cuanto a



Estación Arco Iris, administrada por el Ministerio de Acuacultura y Pesca, y la piscícola administrada por ETAPA EP; las mismas empresas suministraron información sobre la producción anual (*Tabla 1*). En los casos en los cuales se obtuvo el valor de producción en cantidad de alevines o truchas, se tomó el peso promedio del pez dependiendo de la etapa de crecimiento en la que se encuentre para obtener el valor en unidad de peso (Altamirano, 2013). Los datos sobre el tipo de alimento y sus características se obtuvieron mediante entrevistas a trabajadores de las piscícolas y al distribuidor de balanceado (*Anexo V*).

Piscícola	Producción	Cantidad de alimento	Marca	Tipo de alimento	Cantidad de proteína
Dos Chorreras	90 ton/año	11.985 ton/año	Gisis	Alimento para truchas Piscis	40 – 45 %
Reina del Cisne	70.2 ton/año	6 ton/año	Gisis	Alimento para truchas Piscis	40 – 45 %
Estación Arco Iris	19.62 ton/año	14.534 ton/año	Gisis	Alimento para truchas Piscis	45 – 50 %
ETAPA	20.30 ton/año	9.061 ton/año	Gisis	Alimento para truchas Piscis	40 – 45 %

*Tabla 1. Producción anual y características del alimento suministrado en cada piscícola.*

Dos Chorreras está en funcionamiento desde el año 1975, cultivando y comercializando truchas de la especie arcoíris. Los procesos que desarrolla son el desove, fecundación en laboratorio, crianza, y comercialización (faenada o viva) (*Anexo VI*).

Reina del Cisne se dedica a la crianza, faenamiento de truchas, y servicio de restaurante. Esta piscícola tiene un sistema de tratamiento de aguas usadas en las piscinas de crianza, engorde, y reproducción previa a la descarga al río Quinuas. Este consiste en un lecho de piedras que es utilizado como filtro, para luego pasar por un desarenador, y finalmente desembocar al río. La limpieza del filtro se realiza una vez al mes (*Anexo VII*).

Estación Arco Iris se dedica solamente a la reproducción de ovas y alevines de trucha arcoíris, sin pasar por la etapa de engorde. Estos productos son comercializados; pues son el distribuidor de alevines para piscícolas de menor tamaño (*Anexo VIII*).

En cuanto a la piscícola administrada por ETAPA EP desde el año 2009, esta desarrolla procesos de crianza, engorde, y reproducción de truchas. Esta piscícola tiene un sistema de tratamiento en base a lechuguines antes de la descarga al río Quinuas. A mediados del año 2015, se resuelve suspender la actividad comercial de la piscícola, por lo que se suspende también la producción de ovas, alevines, y truchas en sus diferentes estados. Esto causa que solo se mantenga el stock de truchas que existía hasta ese entonces (*Anexo IX*).

## 2.3 Monitoreo y Análisis

### 2.3.1 Muestreo

Los datos fueron proporcionados por el Departamento de Recursos Hídricos y Ciencias Ambientales (iDRHiCA) de la Universidad de Cuenca y la Empresa Pública Municipal de Telecomunicaciones, Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento (ETAPA EP). Sin embargo, por ser un registro corto, tener datos similares, y ser el monitoreo en los mismos sitios; se decidió no incluir los datos de ETAPA EP. El muestreo fue realizado semanalmente en el periodo comprendido desde julio de 2014 hasta julio de 2017. Las muestras fueron tomadas aguas arriba en el río antes de cada piscícola (entrada), y en su respectivo canal de descarga (salida).

El muestreo se realizó tomando muestras de agua puntuales. Todas las muestras fueron tomadas en envases de polietileno (PE) de 100 mL, los cuales fueron previamente lavados y homogenizados con agua destilada antes de cada muestreo. Adicionalmente, las botellas fueron enjuagadas durante la recolección en los sitios de toma de muestra con la misma agua a ser recolectada para evitar contaminación externa. Todo esto según lo recomendado en la normas NTE INEN 2169 y 2176 (Instituto Ecuatoriano de Normalización, 1998).

Puntos de Monitoreo	Coordenadas	Altitud
Entrada Dos Chorreras (QQch)	UTM WGS84 703641.95; 9692272.83	3442 m s. n. m.
Salida Dos Chorreras (QSch)	UTM WGS84 703954.99; 9691487.49	3420 m s. n. m.
Entrada Reina del Cisne (QQrc)	UTM WGS84 704119.54; 9691331.85	3405 m s. n. m.
Salida Reina del Cisne (QSrc)	UTM WGS84 704125.27; 9691296.12	3410 m s. n. m.
Entrada Estación Arco Iris – ETAPA (QQai – QQet)	UTM WGS84 705628.99; 9689004.98	3315 m s. n. m.
Salida Estación Arco Iris (QSai)	UTM WGS84 705670.05; 9689023.28	3325 m s. n. m.
Salida ETAPA (QSet)	UTM WGS84 705747.43; 9688728.65	3305 m s. n. m.
Estación Hidrológica y de Calidad de Agua Chirimachay	UTM WGS84 705703.88; 9688895.48	3315 m s. n. m.

Tabla 2. Descripción de los puntos de monitoreo.

### 2.3.2 Análisis de muestras

Mediante un espectrofotómetro (SCAN UV-Vis) instalado en campo, se analizaron los parámetros de turbiedad, Demanda Química de Oxígeno (DQO), Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO), Carbono Orgánico Total (COT), y Carbono Orgánico Disuelto (COD). Asimismo, mediante un multiparámetro (Multi 3430i WTW GmbH) se midieron pH y conductividad eléctrica. Se realizaron dos réplicas por muestra. El análisis ha sido realizado en no más de 24 horas desde la toma de muestra, de no ser así; las muestras fueron congeladas hasta el día de análisis, mismo que se realizó no más de 4 semanas desde su recolección (NTE INEN 2169) (Instituto Ecuatoriano de

Normalización, 1998). Para los análisis se usó la calibración de fábrica de los equipos. Igualmente, se realizó un mantenimiento del lente óptico del sensor, el cual es limpiado semanalmente con agua destilada por el personal de iDRHiCA. Ciertas muestras fueron congeladas y transportadas de esta manera a Alemania para analizar nitritos ( $\text{NO}_2$ ), nitratos ( $\text{NO}_3$ ), Nitrógeno Total (NT), fosfatos ( $\text{PO}_4$ ), y sulfatos ( $\text{SO}_4$ ) mediante un cromatógrafo de iones (DX-120, Dionex Corporation, CA, US) en la Universidad de Giessen. Cada valor es el resultado de dos mediciones consecutivas de la misma muestra.

### 2.3.3 Determinación de caudal

El iDRHiCA cuenta con varias estaciones hidrológicas automáticas para monitoreo continuo dentro del PNC. En la subcuenca Chirimachay está ubicada una estación hidrológica y de calidad de agua, la cual tiene un sensor de radar VEGAPULS WL 61. Este envía impulsos cortos de radar con una resolución de  $< 1 \text{ mm}$  y una precisión de  $\pm 0.3 \%$ . Los impulsos son reflejados desde el objetivo y captados en forma de eco por la antena. El tiempo desde las transmisiones hasta el retorno de un eco es la base para obtener el valor de la distancia. El equipo mide la distancia desde el sensor hasta la superficie de agua cada cinco minutos. Para convertir estos datos a caudal, se realizaron aforos periódicamente y se utilizó el método de Medición de Caudal mediante trazador químico ( $\text{NaCl}$ ). La ecuación obtenida fue  $y = 3E-05x^{4.4151}$ , con un  $R^2 = 0.8241$ . Para rellenar vacíos en la base de datos se realizó una regresión lineal simple entre la estación ubicada en la subcuenca de Chirimachay y una estación hidrológica ubicada aguas arriba (Estación de La Virgen (UTM WGS84 X: 701110,74; Y: 9692382,23)). Una vez completa la base de datos de caudal, se determinó qué tipo de caudal se encontraba al momento de toma de muestra.

Se realizó la curva de no excedencia para categorizar las muestras según el tipo de caudal al momento de ser tomadas. Mosquera, Lazo, Céleri, Wilcox, & Crespo, (2015) establecen los valores de caudales bajos a los que se encuentran por debajo del  $Q_{35}$ ; como caudales medios, los comprendidos entre  $Q_{35}$  y  $Q_{90}$ ; y como caudales altos, los mayores a  $Q_{90}$ .

### 2.3.4 Análisis estadístico

Se examinó la normalidad de los datos con la prueba Shapiro-Wilk, obteniendo predominancia en datos no normales, por lo que se procedió a utilizar una prueba no paramétrica. La prueba U de Mann Whitney se aplica cuando se tienen dos muestras independientes, por lo que la significancia de las diferencias entre las medianas de la entrada y salida de cada piscícola fueron



analizadas mediante esta. El nivel de significancia adoptado fue de 0.05. Se realizó el mismo procedimiento para el análisis en los diferentes tipos de caudal. Se utilizó el software IBM SPSS Statistics 22 para todos los análisis estadísticos.

Mediante el software GraphPad Prism 7 se realizaron los gráficos denominados forest plots. Estos son de gran utilidad, pues nos permiten visualizar la diferencia entre el valor final o “tratamiento”, con referencia al valor inicial o “testigo”. Para calcular la diferencia de las medianas gráficamente, se aplicó la siguiente fórmula:

$$PC(X) = \frac{X_{tratamiento} - X_{testigo}}{X_{testigo}} * 100$$

Dónde:

*PC(X) = Porcentaje de cambio entre la entrada y salida*

*X tratamiento = Valor tomado a la salida de la piscícola*

*X testigo = Valor tomado a la entrada de la piscícola*

Los resultados son expresados como porcentaje de cambio; en donde los valores positivos indican un aumento en el parámetro analizado; y los valores negativos disminución (Martin-Peinado et al., 2016).

### 3. RESULTADOS

#### 3.1 Análisis de caudales

Mediante el software Grapher 12 se realizó una curva de no excedencia de la subcuenca de Chirimachay para la clasificación en caudales bajos ( $Q_{\min} - 13.937$  L/s), medios ( $13.937 - 43.972$  L/s), y altos ( $43.972$  L/s -  $Q_{\max}$ ) (Mosquera, Lazo, Céleri, Wilcox, & Crespo, 2015) (Figura 2). Esto con la finalidad de determinar el caudal al momento de toma de muestra.

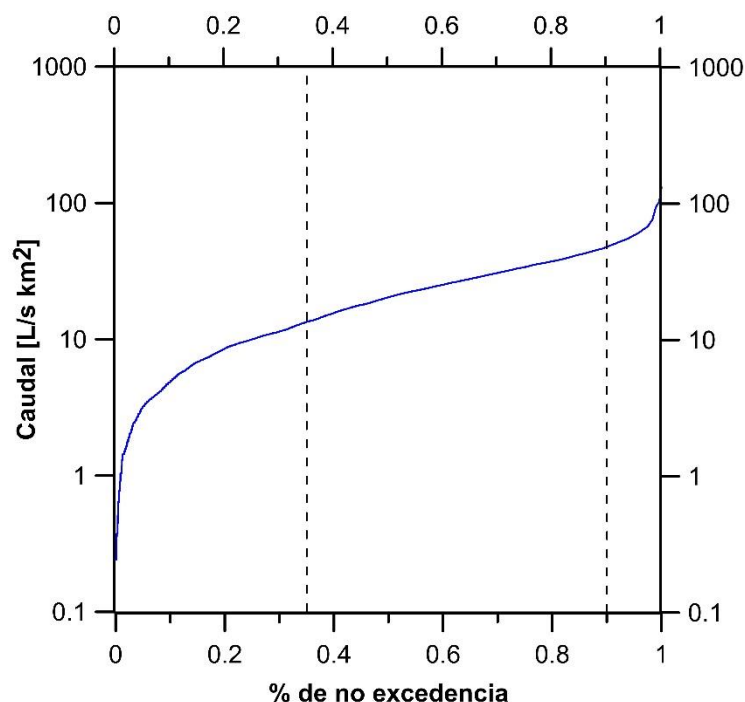


Figura 2. Curva de no excedencia de la subcuenca Chirimachay.

### 3.2 Análisis del impacto de las piscícolas en parámetros de calidad de agua

Una vez clasificadas las muestras según el tipo de caudal, se procedió a analizar los datos mediante la prueba estadística U de Mann Whitney ( $p > 0.05$ ); tanto en caudales bajos, medios, y altos; como en todos los tipos de caudal. Se analizaron doce parámetros: pH, turbiedad, conductividad, DQO, DBO, COT, COD, NO<sub>2</sub>, NO<sub>3</sub>, NT, PO<sub>4</sub>, y SO<sub>4</sub> (Tabla 3). Las pruebas estadísticas requieren un número mínimo de datos para que tengan relevancia; U de Mann Whitney considera apropiado mínimo quince datos. Por esta razón, para los parámetros pH, NO<sub>2</sub>, NO<sub>3</sub>, NT, PO<sub>4</sub>, y SO<sub>4</sub> no se analizó bajo los diferentes tipos de flujo, pues el número de muestras (n) fue limitado (Anexos I, II, III, IV), razón por la cual solamente se realizó la prueba en la totalidad de caudales.

Se realizaron forest plots para visualizar el porcentaje de cambio de cada parámetro entre las medianas de la entrada y la salida (Figura 3).

Una vez realizados los análisis, se observaron los siguientes cambios (Figura 3, Tabla 3) en orden de acuerdo a la cantidad de parámetros estadísticamente significativos:

Estación Arco Iris tiene diferencias significativas en ocho parámetros de los doce analizados en todos los tipos de caudal. Estas presentan porcentajes de cambio de -11.39 % ( $p = 0.013$ ) en turbiedad, -16.26 % ( $p = 0.000$ ) en conductividad eléctrica, 4.19 % ( $p = 0.025$ ) en DBO, 4.79 %

( $p=0.036$ ) en COD, -97.06 % ( $p=0.000$ ) en  $\text{NO}_2$ , 476.45 % ( $p=0.000$ ) en  $\text{NO}_3$ , 603.13 % ( $p=0.000$ ) en  $\text{PO}_4$ , y 565.46 % ( $p=0.000$ ) en  $\text{SO}_4$ . En el análisis bajo los diferentes tipos de flujo; en caudales bajos se evidenciaron dos parámetros (turbiedad, y conductividad eléctrica) con diferencias significativas, en caudales medios cinco (conductividad eléctrica, DQO, DBO, COT, y COD), y en caudales altos uno (conductividad eléctrica); en relación a los seis analizados.

Dos Chorreras tiene diferencias significativas en ocho parámetros de los doce analizados. Estas presentan porcentajes de cambio de 40.69 % ( $p=0.000$ ) en turbiedad, 10.34 % ( $p=0.007$ ) en DQO, 5.38 % ( $p=0.041$ ) DBO, 11.92 % ( $p=0.002$ ) en COT, 6.50 % ( $p=0.020$ ) en COD, 232.81 % ( $p=0.030$ ) en  $\text{NO}_2$ , 366.30 % ( $p=0.002$ ) en  $\text{NO}_3$ , y 90.11 % ( $p=0.001$ ) en NT. En el análisis bajo los diferentes tipos de flujo; en caudales bajos se evidenciaron cinco parámetros (turbiedad, DQO, DBO, COT, y COD) con diferencias significativas, en caudales medios cuatro (turbiedad, DQO, COT, y COD), y en caudales altos ninguno; en relación a los seis analizados.

ETAPA tiene diferencias significativas en cuatro parámetros de los doce analizados. Estas presentan porcentajes de cambio de -96.92 % ( $p=0.000$ ) en  $\text{NO}_2$ , 993.65 % ( $p=0.000$ ) en  $\text{NO}_3$ , 524.74 % ( $p=0.000$ ) en  $\text{PO}_4$ , y 1696.92 % ( $p=0.000$ ) en  $\text{SO}_4$ . En el análisis bajo los diferentes tipos de flujo, no se presentó ninguna diferencia estadísticamente significativa.

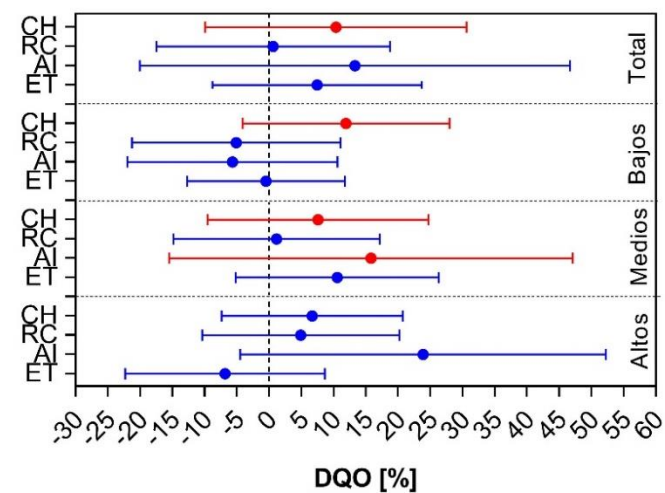
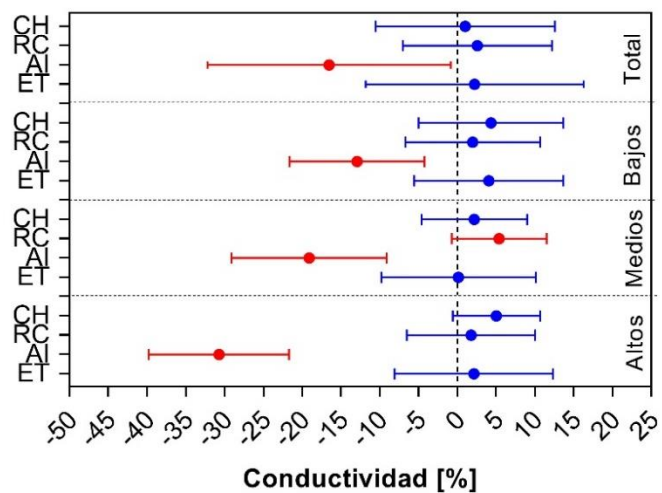
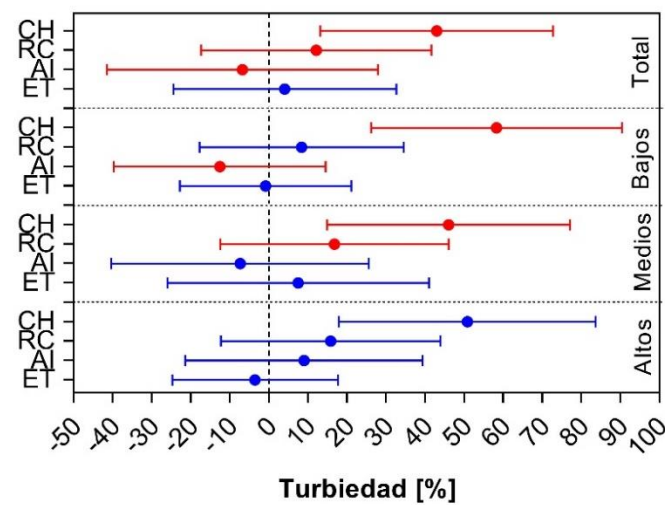
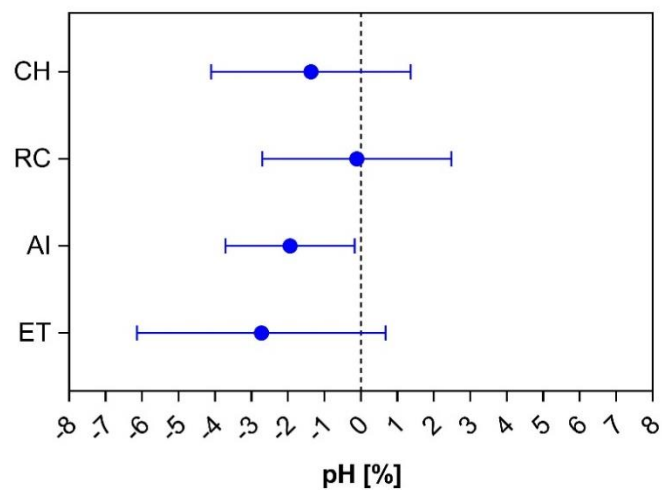
Reina del Cisne, por el contrario, la única diferencia significativa es en turbiedad con un porcentaje de cambio de 11.92 % ( $p=0.048$ ). En el análisis bajo los diferentes tipos de flujo; en caudales bajos y altos no se presentaron cambios significativos, mientras que en caudales medios se evidenciaron dos parámetros con diferencias significativas (turbiedad, y conductividad eléctrica) de los seis analizados.

Parámetro	Valor p															
	Dos Chorreras				Reina del Cisne				Estación Arco Iris				ETAPA			
	Total	Bajos	Medios	Altos	Total	Bajos	Medios	Altos	Total	Bajos	Medios	Altos	Total	Bajos	Medios	Altos
pH	.621	n/a	n/a	n/a	.525	n/a	n/a	n/a	.248	n/a	n/a	n/a	.304	n/a	n/a	n/a
Turbiedad	<b>.000</b>	<b>.000</b>	<b>.000</b>	.095	<b>.048</b>	.468	<b>.037</b>	.692	<b>.013</b>	<b>.021</b>	.120	.782	.975	.609	.523	.611
Conductividad	.271	.190	.185	.068	.128	.659	<b>.005</b>	.384	<b>.000</b>	<b>.000</b>	<b>.000</b>	<b>.000</b>	.095	.117	.857	.385
DQO	<b>.007</b>	<b>.003</b>	<b>.036</b>	.738	.873	.515	.716	.692	.092	.553	<b>.017</b>	.166	.302	.667	.053	.421
DBO	<b>.041</b>	<b>.014</b>	.107	.879	.476	.610	.637	.987	<b>.025</b>	.806	<b>.005</b>	.077	.435	.945	.064	.352
COT	<b>.002</b>	<b>.003</b>	<b>.009</b>	.738	.755	.515	.274	.692	.109	.553	<b>.018</b>	.166	.364	.674	.067	.421
COD	<b>.020</b>	<b>.014</b>	<b>.039</b>	.903	.723	.565	.967	.912	<b>.036</b>	.787	<b>.006</b>	.082	.529	.925	.085	.421
NO <sub>2</sub>	<b>.030</b>	n/a	n/a	n/a	.240	n/a	n/a	n/a	<b>.000</b>	n/a	n/a	n/a	<b>.000</b>	n/a	n/a	n/a
NO <sub>3</sub>	<b>.002</b>	n/a	n/a	n/a	.594	n/a	n/a	n/a	<b>.000</b>	n/a	n/a	n/a	<b>.000</b>	n/a	n/a	n/a
NT	<b>.001</b>	n/a	n/a	n/a	.552	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
PO <sub>4</sub>	.123	n/a	n/a	n/a	.527	n/a	n/a	n/a	<b>.000</b>	n/a	n/a	n/a	<b>.000</b>	n/a	n/a	n/a
SO <sub>4</sub>	.824	n/a	n/a	n/a	.182	n/a	n/a	n/a	<b>.000</b>	n/a	n/a	n/a	<b>.000</b>	n/a	n/a	n/a

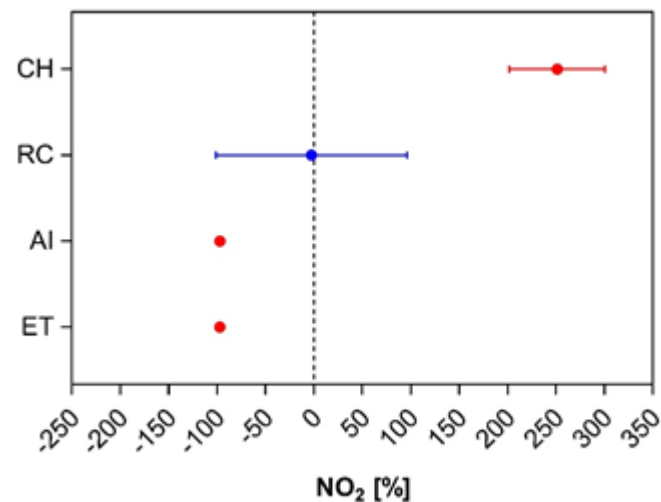
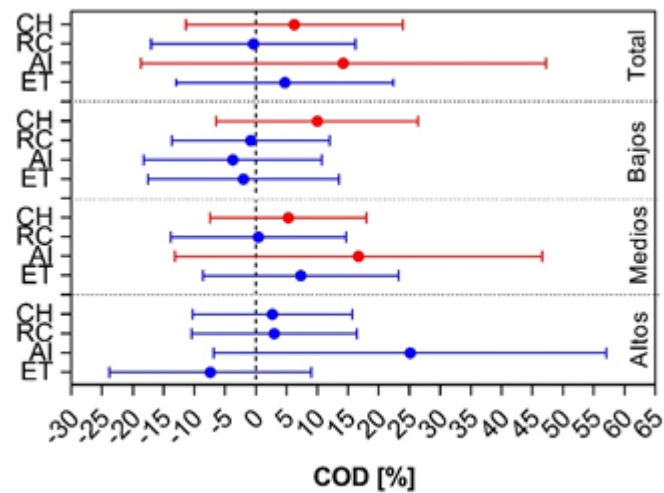
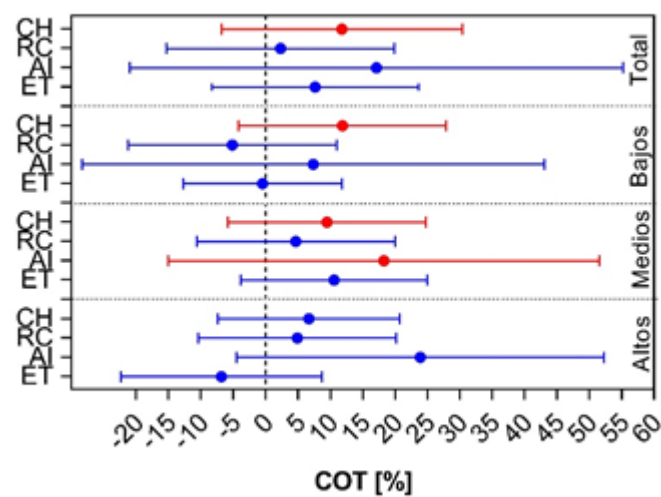
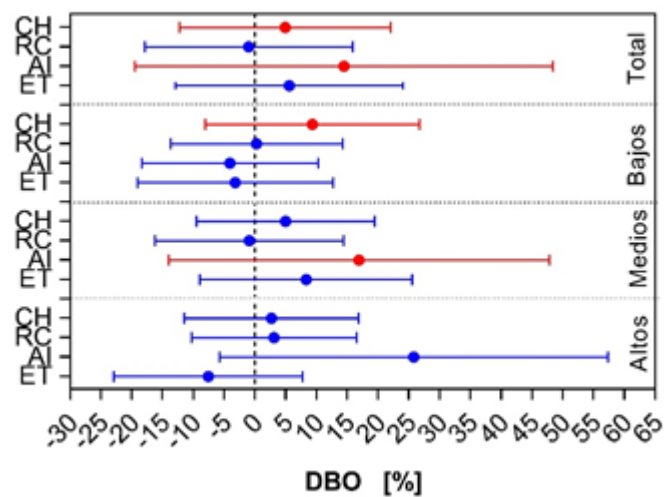
Tabla 3. Valores de significancia entre la entrada y la salida en las cuatro piscícolas en todos los caudales, y en caudales bajos, medios, y altos.

**Estadísticamente significativos;** estadísticamente no significativos.

n/a = no aplica



Continúa...



Continúa...

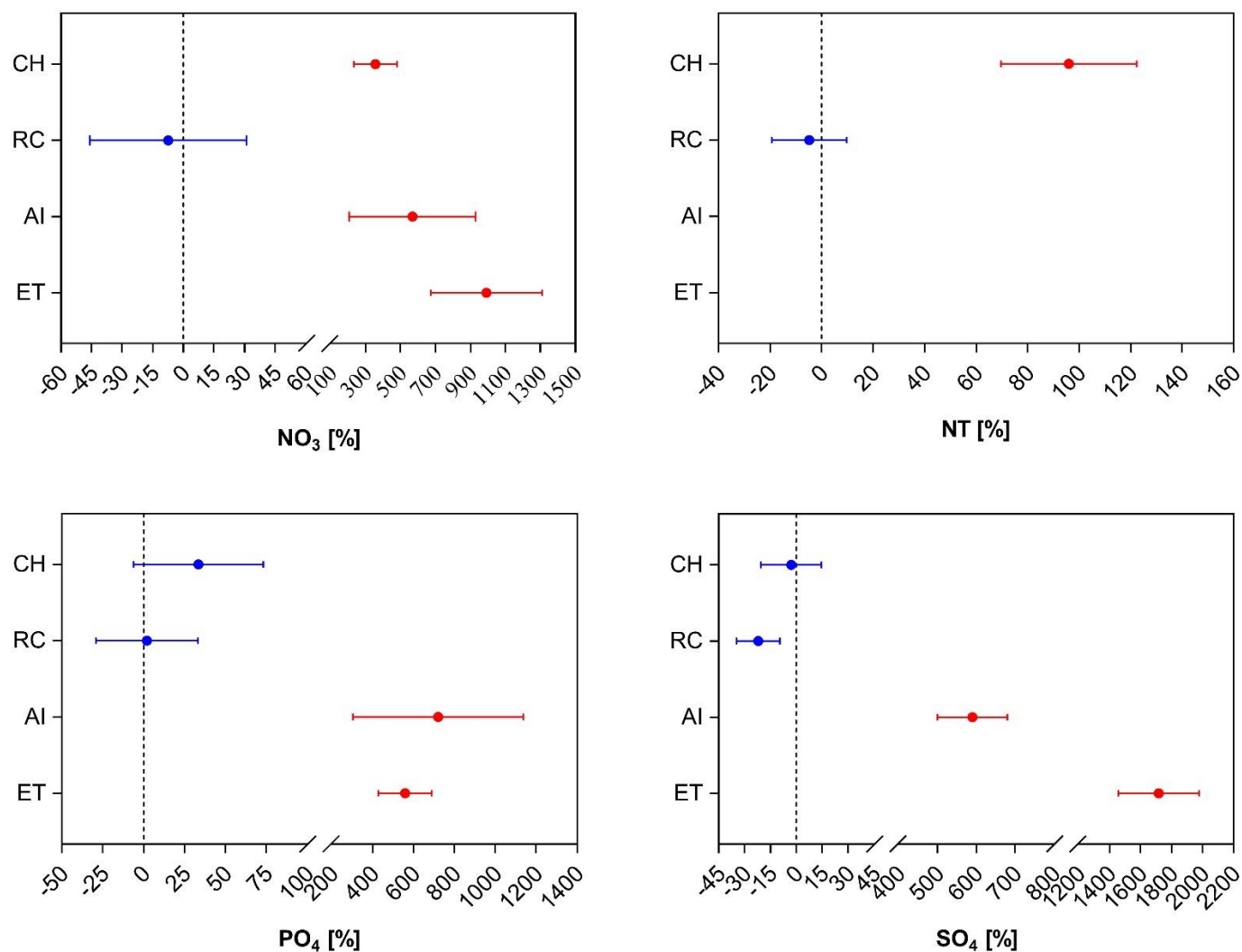


Figura 3. Forest plots en todos los caudales, y en caudales bajos, medios, y altos.

Rojo = Estadísticamente significativo; Azul = Estadísticamente no significativo.

CH = Dos Chorreras; RC = Reina del Cisne; AI = Estación Arco Iris; ET = ETAPA.

#### 4. DISCUSIÓN

Con los resultados obtenidos se observa que todas las piscícolas mostraron diferencias significativas (tomando en cuenta todos los tipos de caudal), en el siguiente orden: Estación Arco Iris (ocho significativos de doce parámetros analizados) y Dos Chorreras (ocho significativos de doce parámetros analizados), ETAPA (cuatro significativos de doce parámetros analizados), y Reina del Cisne (uno significativo de doce parámetros analizados), respectivamente de mayor a menor cantidad de parámetros con diferencias significativas. Este orden se puede atribuir a que Estación Arco Iris y Dos Chorreras son las dos piscícolas que proporcionan mayor cantidad de alimento balanceado (*Tabla 1*), y a su vez no cuentan con ningún tipo de tratamiento previo a la descarga al río Quinuas; contrariamente a Reina del Cisne y ETAPA. Dos Chorreras es la piscícola con la mayor producción de todas (90 ton/año) y con un valor alto de alimento suministrado (11.985 ton/año). Estación Arco Iris se dedica solamente a la siembra de ovas y alevines, sin pasar por la etapa de engorde; lo que hace que el alimento suministrado tenga mayor cantidad de proteína (más contaminante); pues a medida que el pez aumenta de tamaño sus requerimientos de proteína son menores (FAO, 2014). Además, esta piscícola proporciona la mayor cantidad de alimento de todas (14.534 ton/año), a pesar de que es la que tiene menor producción (19.62 ton/año). Por otro lado, ETAPA, al haber suspendido la siembra de ovas y alevines (mediados del 2015), el alimento suministrado (9.061 ton/año) al stock de peces con el que contaban hasta ese entonces tiene menor cantidad de proteína; eximiéndose de la necesidad de suministrar alimento alto en proteína a peces en sus primeras etapas de vida. En Reina del Cisne se observa que esta piscícola a pesar de su alta producción (70.2 ton/año), es la que utiliza menor cantidad de alimento (6 ton/año), siendo la piscícola con menor cantidad de parámetros con diferencias estadísticamente significativas (*Tabla 3*).

El pH se mantuvo cerca de la neutralidad, disminuyendo 1.64 % en Dos Chorreras, 1.75 % en Estación Arco Iris, y 4.12 % en ETAPA. Por el contrario, en Reina del Cisne tuvo un ligero aumento de 0.04 %. Ninguno de estos cambios mostró resultados estadísticamente significativos. Mirrasooli, Nezami, Ghorbani, Khara, & Talebi, (2012) en un estudio realizado en Irán, encontraron que el pH no varía significativamente en el análisis en dos piscícolas con producciones de 10, y 20 ton/año. Así también, Boaventura et al., (1997) en un estudio realizado en Portugal en tres piscícolas con diferentes capacidades de producción (15, 55, y 500 ton/año) y distintas cantidades de alimento suministrado (75, 450, y 3575 kg/día, respectivamente), mostraron que el pH se mantiene entre 6.1 y 6.3, sin cambiar significativamente. Esto se justifica, pues el pH óptimo para el cultivo de truchas debe tender a la neutralidad, con rangos entre 6.5 a



8.5 (FAO, 2014). Se debe tener en cuenta que la acidificación de las aguas trae consigo efectos adversos en animales y plantas acuáticas, así como también puede inhibir procesos microbianos importantes para el reciclaje de nutrientes (Rudd, Kelly, Schindler, & Turner, 1988).

La turbiedad aumenta en Dos Chorreras un 40.69 %, en Reina del Cisne 11.92 %, en ETAPA 2.41 %, y en Estación Arco Iris disminuye 11.39 %. Todos los cambios fueron estadísticamente significativos, a excepción de ETAPA. Caramel et al., (2014) en un estudio realizado en Brasil en una piscícola a una altitud de 1 155 m s.n.m. con una producción anual de 20 ton, encontraron que a pesar de que la turbiedad aumenta, no varía significativamente; con valores por debajo de 10 FTU tanto en el río en condiciones normales, como una vez descargado el efluente. De la misma manera, Cornel & Whoriskey, (1992) en un estudio realizado en Canadá, demostraron que los valores de turbiedad del sitio de control (0.52 FTU) y el lugar impactado (1.41 FTU), no tienen diferencias significativas, a pesar de que esta aumente. El aumento de la turbiedad se puede deber a que el agua descargada de las piscícolas contiene diluidos restos de alimento no consumido y heces en forma de partículas en suspensión. Así también, en el caso de Reina del Cisne, se podría deber a que el canal por el cual se descargan los efluentes al río Quinuas está erosionado; ya que se entendería que esta piscícola al contar con un sistema de tratamiento, la turbiedad tendría a disminuir. El aumento de turbiedad, provoca una disminución en el grado de transparencia del agua, decreciendo la actividad fotosintética de las plantas y algas. Así también las partículas suspendidas absorben calor, pudiendo ocasionar un aumento de temperatura en el agua; disminuyendo el oxígeno disuelto (MPCA, 2008). Finalmente, a mayor temperatura, mayor alimento debe ser suministrado (Miller & Semmens, 2002).

En cuanto a conductividad eléctrica, en Dos Chorreras aumenta 0.32 %, en Reina del Cisne 1.63 %, y en ETAPA 3.48 %. Por el contrario, en Estación Arco Iris disminuye 16.26 %, siendo este el único cambio estadísticamente significativo. Esta disminución en Estación Arco Iris, se podría deber al diferente metabolismo de los peces en sus primeras etapas de vida (alevines). En esta etapa de desarrollo los peces se alimentan constantemente; lo que ocasiona que la mayor parte de alimento sea consumido, sin embargo la cantidad de desechos será mayor. Boaventura et al., (1997), encuentran un aumento de 7 mS/cm en las piscícolas con producciones de 15 y 55 ton/año, mientras que en la que tiene mayor producción (500 ton/año) aumenta 21 mS/cm, siendo este el único cambio significativo. Estos resultados siguen la misma tendencia que los encontrados en este estudio, en los que la conductividad eléctrica varía significativamente solo en la piscícola con mayor producción y suministro de alimento de todas.

En la DQO, el único cambio estadísticamente significativo fue en Dos Chorreras, con un aumento de 10.34 %. En Estación Arco Iris aumenta 3.33 %, y en ETAPA 4.76 %. Por el contrario, en Reina del Cisne disminuye 1.06 %. Del mismo modo, en la DBO, en Dos Chorreras aumentó 5.38 %, y en Estación Arco Iris 4.19 %; ambas con cambios significativos. En ETAPA aumentó 4.19 %, en contraste con Reina del Cisne que disminuyó 3.40 %. Boaventura et al., (1997) encontraron que la DBO tiende a aumentar desde 0.9 hasta 14 mg/L luego de la descarga de efluentes, siendo estas diferencias significativas. Asimismo, Pulatsu et al., (2004) en un estudio realizado en Turquía en piscícolas que captan y descargan sus aguas del río Karasu (1.025 L/s en el periodo seco, y 2.5 L/s en el periodo lluvioso), demostraron que la DBO aumenta significativamente en promedio 2.5 mg/L después de la descarga de efluentes. De la misma manera, estos resultados concuerdan con el hecho de que las piscícolas Dos Chorreras y Estación Arco Iris suministran la mayor cantidad de alimento a los peces, a diferencia de Reina del Cisne que, a pesar de su elevada producción, proporciona menos alimento (*Tabla 1*). Asimismo, Reina del Cisne cuenta con un sistema de tratamiento de aguas residuales a base de lechos de piedras y desarenadores; a lo que se puede atribuir que el alimento no utilizado queda retenido en estos; por lo que los parámetros disminuyen. La DQO y DBO miden la cantidad de oxígeno necesaria para degradar la materia orgánica e inorgánica presente en el agua (Muñoz-Nava et al., 2011). El alto contenido de materia orgánica es ventajoso para la proliferación de hongos y bacterias. Asimismo, ocasiona que el oxígeno disponible para el desarrollo de flora y fauna acuática decrezca (Lecca & Lizama, 2014).

El COT aumentó en todas las piscícolas, sin embargo, fue estadísticamente significativo únicamente en Dos Chorreras con 11.92 %. En Reina del Cisne aumentó 0.70 %; en Estación Arco Iris 10.56 %; y en ETAPA 5.08 %. El COD cambió significativamente en Dos Chorreras y Estación Arco Iris, aumentando 6.50 % y 4.79 % respectivamente. En Reina del Cisne disminuye 2.83 % y en ETAPA aumenta 4.83 %. El COT y el COD son mejores indicadores del contenido orgánico en el agua que la DBO, pues el COT oxida el total de la materia orgánica, por lo que incluso hay estudios que demuestran que medir este parámetro es una manera más rápida y precisa para determinar la calidad del agua, ya que son mediciones directas del elemento (EPA, 2001; Tomas, Čurlin, & Marić, 2017).

Para compuestos de nitrógeno, en Dos Chorreras  $\text{NO}_2$  aumenta 232.81 %, y  $\text{NO}_3$  aumenta 366.30 %. Asimismo, en Estación Arco Iris  $\text{NO}_2$  disminuye 97.06 %, mientras que  $\text{NO}_3$  aumenta 476.45 %. En ETAPA,  $\text{NO}_2$  disminuye 96.92 %, y  $\text{NO}_3$  aumenta 993.65 %. Todos estos cambios fueron estadísticamente significativos. En contraste, en Reina del Cisne los cambios no son

significativos, disminuyendo 53.0 % en  $\text{NO}_2$ , y 17.42 % en  $\text{NO}_3$ . Mirrasooli et al., (2012) halló resultados similares en piscícolas con producciones anuales semejantes a las analizadas en este estudio, en las que de la misma manera,  $\text{NO}_2$  y  $\text{NO}_3$  incrementaron significativamente. Los  $\text{NO}_2$  no permanecen mucho tiempo en el ambiente, estos se combinan fácilmente con oxígeno para formar  $\text{NO}_3$ , los cuales son más estables (Marschner & Rengel, 2007). Eutrofización y proliferación de algas tóxicas, acidificación de ríos y lagunas, y toxicidad en animales acuáticos puede generar la introducción de diferentes formas de nitrógeno inorgánico ( $\text{NO}_2$ ,  $\text{NO}_3$ ,  $\text{NH}_4$ ) a los cauces de agua (Camargo & Alonso, 2007; EPA, 2001). En cuanto a NT ( $\text{NO}_2 + \text{NO}_3 +$  nitrógeno amoniacal + nitrógeno orgánico), se pudo analizar solamente en Dos Chorreras y Reina del Cisne, pues no se analizó este parámetro en la entrada de Estación Arco Iris y ETAPA (Anexos I, II, III, IV). El cambio es significativo solamente en Dos Chorreras, aumentando 90.11 %; mientras que en Reina del Cisne disminuye 6.58 %.

De la misma manera  $\text{PO}_4$  aumenta significativamente en Estación Arco Iris y ETAPA, con 603.13 % y 524.74 % de porcentaje de cambio, respectivamente. En Dos Chorreras aumenta 30.26 %, y en Reina del Cisne 3.77 %, sin ser estos cambios significativos. Se esperaría que el cambio en Dos Chorreras sea significativo debido a la gran cantidad de alimento suministrado (11.985 ton/año), así también se atribuye la no significancia en Reina del Cisne debido a su sistema de tratamiento de aguas antes de la descarga. Boaventura et al., (1997); y Nathanailides et al., (2013) encuentran resultados similares en los que  $\text{PO}_4$  aumenta marcadamente en efluentes provenientes de piscícolas. Este incremento en todas las piscícolas, se puede atribuir a que el alimento proporcionado a las truchas es rico en fósforo debido a su alto contenido de proteína. Varios autores (Boyd & Quieroz, 2001; Green, Hardy, & Brannon, 2002; Nordvarg & Johansson, 2002; Pulatsu et al., 2004) han realizado modelos en los cuales han estimado la tasa de introducción de fósforo al agua en relación a la cantidad de alimento suministrado. En promedio, por cada tonelada de alimento suministrado, 4.6 kg (Boyd & Quieroz, 2001), 5.7 kg (Green et al., 2002), y 8.09 kg (Pulatsu et al., 2004) de fósforo fueron introducidos al cuerpo receptor. El fósforo junto con el nitrógeno son los dos elementos causantes de la eutrofización (Lecca & Lizama, 2014); lo que deteriora la calidad del recurso hídrico (García, 2012). El aumento de algas en lagos y lagunas disminuye la disponibilidad de luz y transparencia, y la cantidad de oxígeno disponible; lo que puede ocasionar la muerte de organismos acuáticos (Camargo & Alonso, 2006).

$\text{SO}_4$  varía significativamente en Estación Arco Iris y ETAPA, aumentando 565.46 % y 1696.92 %, respectivamente. En Dos Chorreras aumenta 0.27 % y en Reina del Cisne disminuye 17.17 %.

No existen estudios relacionados a la actividad acuícola que expliquen a qué se pueden deber estos cambios en este parámetro y qué efecto tienen en el ambiente. Sin embargo, Jokumsen & Svendsen, (2010); y Mirrasooli et al., (2012) mencionan la adición de antibióticos y fungicidas al agua para el tratamiento de enfermedades de los peces. Por ejemplo, para tratar la lerneasis, causada por el parásito *Lernea sp.*, se utilizan dosis moderadas de sulfato de cobre (Balbuena, 2011). De igual manera, para tratar la aeromoniasis, causada por bacterias como *Aeromonas hydrophila sp.* y *Aeromonas salmonicida sp.*, se usa el antibiótico estreptomicina, constituido a base de sulfonamidas (Balbuena, 2011; Buschmann, 2001). Posiblemente, esto podría explicar el aumento radical de sulfatos en el agua. El exceso de estos en el agua ocasiona una reducción de oxígeno disuelto, causando olores nocivos (EPA, 2001). Sin embargo, no se dispone de información en cuanto si se utilizan compuestos de azufre en estas piscícolas.

Se plantean varias hipótesis para explicar los incrementos radicales de  $\text{NO}_3$ ,  $\text{PO}_4$  y  $\text{SO}_4$  en Estación Arco Iris y ETAPA: Estas dos piscícolas se encuentran a menor altura (*Tabla 2*) y se entiende que; por cada 100 m menos, la temperatura ambiente aumenta  $0.6^\circ\text{C}$  (Córdova et al., 2016). A mayor temperatura, mayor creación de estos compuestos. Así también, a mayor temperatura, mayor cantidad de alimento debe ser proporcionado (FAO, 2014; Miller & Semmens, 2002). Mayor tiempo de residencia de agua en las piscinas de estas piscícolas, lo que resulta en mayor tiempo de reacción de los elementos. Mayor cantidad de peces en las piscinas, lo que genera mayor cantidad de desechos. Mayor tasa de mortalidad de los peces que al descomponerse generan mayor cantidad de nitratos, fosfatos y sulfatos.

En cuanto al análisis bajo los diferentes tipos de flujo (turbiedad, conductividad, DQO, DBO, COT, COD) se observaron mayor cantidad de parámetros que difieren significativamente en caudales medios, seguido de caudales bajos, y finalmente altos. Las diferencias más marcadas se observan en turbiedad en Dos Chorreras ( $p=0.000$  en flujos bajos y medios) y conductividad en Estación Arco Iris ( $p=0.000$  en todos los flujos). Estos resultados coinciden con la gran cantidad de alimento suministrado en las dos piscícolas (*Tabla 1*). Se debe tomar en cuenta también que la temperatura del agua influye en los niveles de conductividad eléctrica (Castro, Fraile, & Vargas, 1996), y en la cantidad de alimento suministrado (FAO, 2014). Como era de esperarse, no se encontraron diferencias significativas en caudales altos (a excepción de conductividad en Estación Arco Iris), esto podría deberse a las diferencias en las concentraciones a la entrada a las piscícolas o probablemente diferencias en la velocidad de flujo bajo los diferentes caudales (Montes, Navarro, Domínguez, & Jiménez, 2013). Por otro lado, en caudales medios se tendría la concentración real del contaminante, pues esta sería la condición normal de caudal.

Finalmente, en caudales bajos no se tiene un suficiente arrastre de partículas, lo que ocasiona que las diferencias no sean significativas. Se debe tener en cuenta que a pesar de que se cuentan con varias estaciones hidrológicas a lo largo de la cuenca del río Quinuas que miden constantemente niveles de caudal; la utilizada en este estudio (Chirimachay), es la estación más cercana a las piscícolas, por lo que no mide el caudal exacto de descarga de cada piscícola. Por esta razón no se puede determinar con certeza las relaciones exactas con el caudal.

## **5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

Esta investigación tuvo como objetivo principal evaluar el cambio en la calidad del agua, comparando los resultados fisicoquímicos entre las condiciones normales del río y el efluente descargado de cuatro piscícolas que captan su agua y descargan sus efluentes al río Quinuas. Una vez culminada la investigación, se pudo llegar a las siguientes conclusiones:

- Los cambios más evidentes se encuentran en Estación Arco Iris y Dos Chorreras, siendo estas las dos piscícolas que suministran la mayor cantidad de alimento balanceado a las truchas.
- El pH disminuye en Dos Chorreras, Estación Arco Iris, y ETAPA, y aumenta ligeramente en Reina del Cisne, siendo el único parámetro que no presenta cambios significativos en ninguna piscícola.
- La turbiedad en Dos Chorreras presenta cambios significativos en todos los tipos de caudal (a excepción de caudales altos), mientras que, en las demás piscícolas no presenta cambios con niveles de significancia tan altos.
- La conductividad eléctrica no varía significativamente en ninguna piscícola, a excepción de Estación Arco Iris en la que tiene diferencias significativas en todos los tipos de caudal, incluso en caudales altos.
- DQO y DBO cambia significativamente en Dos Chorreras y Estación Arco Iris, concluyendo que se debe a la alta carga de materia orgánica proveniente probablemente de la mayor cantidad de alimento suministrado.
- $\text{NO}_2$  y  $\text{NO}_3$  cambian significativamente en todas las piscícolas, atribuyendo el aumento de estos parámetros a la alta cantidad de proteína presente en el alimento.
- $\text{PO}_4$  y  $\text{SO}_4$  tienen cambios radicales en el sector de Chirimachay donde se encuentran Estación Arco Iris y ETAPA, creando la necesidad de investigaciones futuras sobre los procesos internos de estas dos piscícolas.

- El impacto ambiental negativo en la calidad de agua se ve disminuido significativamente cuando existen sistemas de tratamiento previo a la descarga al cuerpo receptor, como es el caso de Reina del Cisne y ETAPA.
- Reina del Cisne cuenta con un sistema de tratamiento de efluentes que consiste en un lecho de piedras que funciona como filtro, para luego pasar por un desarenador y finalmente desembocar al río; conjuntamente es la piscícola que proporciona menor cantidad de alimento a las truchas. Esta combinación muestra resultados eficientes, siendo la piscícola con menor cantidad de cambios significativos.
- Aunque no se encontraron cambios mayores en parámetros que nos permitan analizar la calidad de agua, se concluye que el aumento sin control de esta actividad podría causar efectos negativos en la calidad de agua del río Quinuas.

Según los resultados obtenidos, podemos recomendar:

- Monitorear más a profundidad el impacto de las piscícolas, tomando muestras a diferentes intervalos de distancia aguas abajo de la descarga para determinar la capacidad de autodepuración del río.
- Establecer medidas de control que incluyan el monitoreo de niveles de caudal de descarga de las piscícolas.
- Realizar una investigación similar en la que se estime la cantidad de fósforo introducido a los cauces de agua en relación con la cantidad de alimento utilizado, para prever posibles impactos relacionados a la eutrofización en cuerpos de agua.
- Incorporar sistemas de tratamiento en las piscícolas previo a la descarga al río.
- Estudiar en detalle los procesos internos de la piscícola Reina del Cisne, para la implementación de procesos similares en las demás piscícolas.
- Estudiar los procesos internos (balances) de cada piscícola para adquirir un mejor entendimiento de la causa de los cambios en los parámetros estudiados.
- Formular una normativa específica para la descarga de efluentes provenientes de procesos de acuicultura al igual que en otros países.

## REFERENCIAS

- Altamirano, L. (2013). *Modelación y Simulación con Dinámica de Sistemas para la Gestión de Producción Integral de Truchas (Oncorhynchus mykiss) en la Corporación San Miguel EIRL, Distrito de Kishuara - Andahuylas*. Universidad Nacional José María Arguedas.
- Balbuena, E. (2011). *Manual básico de sanidad piscícola*. Paraguay.
- Beltrán, K., Salgado, S., Cuesta, F., León-Yáñez, S., Romoleroux, K., Ortiz, E., ... Velástegui, A. (2009). *Sistemas ecológicos y caracterización florística de los páramos en el Ecuador*. Quito: ECOCIENCIA - Proyecto Páramo Andino.
- Boaventura, R., Pedro, A. M., Coimbra, J., & Lencastre, E. (1997). TROUT FARM EFFLUENTS: CHARACTERIZATION AND IMPACT ON THE RECEIVING STREAMS, 95(3), 379–387.
- Boyd, C. E. (2003). Guidelines for aquaculture effluent management at the farm-level. *Aquaculture*, 226(1–4), 101–112. [https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(03\)00471-X](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(03)00471-X)
- Boyd, C. E., & Quieroz, J. F. (2001). Nitrogen and phosphorus loads by system , USEPA should consider system variables in setting new effluent rules Nitrogen , Phosphorus Loads Vary by System. *Global Aquaculture Alliance*, (February).
- Buschmann, A. (2001). *Impacto ambiental de la acuicultura*. Terram. <https://doi.org/10.1016/j.enfcli.2009.02.001>
- Buytaert, W., Céleri, R., De Bièvre, B., Cisneros, F., Wyseure, G., Deckers, J., & Hofstede, R. (2006). Human impact on the hydrology of the Andean páramos. *Earth-Science Reviews*, 79(1–2), 53–72. <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2006.06.002>
- Camargo, J., & Alonso, Á. (2006). Ecological and toxicological effects of inorganic nitrogen pollution in aquatic ecosystems: A global assessment. *Environment International*, 32(6), 831–849. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2006.05.002>
- Camargo, J., & Alonso, Á. (2007). Contaminación por nitrógeno inorgánico en los ecosistemas acuáticos: problemas medioambientales, criterios de calidad del agua, e implicaciones del cambio climático. *Revista Ecosistemas*, 16(2), 98–110. <https://doi.org/10.7818/457>
- Caramel, B. P., Munique de Almeida Bispo Moraes, Carmo, C. F. do, Vaz-dos-Santos, A. M., Tabata, Y. A., Osti, J. A. S., ... Mercante, C. T. J. (2014). Water quality assessment of a



- trout farming effluent, Bocaina, Brazil. *Journal of Water Resource and Protection*, 6(July), 909–915.
- Castro, L., Fraile, J., & Vargas, J. (1996). Conductividad, oxígeno disuelto, pH Y Temperatura en Río Bermudez (Costa Rica) y su relación con el uso del suelo en la cuenca. *Uniciencia*.
- CEDEP, & ANTAMINA. (2009). *Manual De Crianza Trucha*. Ragash.
- Célleri, R., Buytaert, W., De Bièvre, B., Tobón, C., Crespo, P., Molina, J., & Feyen, J. (2010). Understanding the hydrology of tropical Andean ecosystems through an Andean network of basins. *Status and Perspectives of Hydrology in Small Basins*, (November), 209–212. <https://doi.org/10.13140/2.1.4187.3608>
- Célleri, R., & Feyen, J. (2009). The Hydrology of Tropical Andean Ecosystems: Importance, Knowledge Status, and Perspectives. *Mountain Research and Development*, 29(4), 350–355. <https://doi.org/10.1659/mrd.00007>
- Córdova, M., Célleri, R., Shellito, C. J., Orellana-Alvear, J., Abril, A., & Carrillo-Rojas, G. (2016). Near-Surface Air Temperature Lapse Rate Over Complex Terrain in the Southern Ecuadorian Andes: Implications for Temperature Mapping. *Arctic, Antarctic, and Alpine Research*, 48(4), 678–684. <https://doi.org/10.1657/AAAR0015-077>
- Cornel, G. E., & Whoriskey, F. G. (1992). The effects of rainbow trout cage aquaculture on the water quality, microfauna and sediments of Lac du Passage, Quebec. *Aquaculture*, 100(1–3), 170. [https://doi.org/10.1016/0044-8486\(92\)90361-n](https://doi.org/10.1016/0044-8486(92)90361-n)
- Crespo, P., Feyen, J., Buytaert, W., Bucker, A., Breuer, L., Frede, H.-G., & Ramírez, M. (2011). Identifying controls of the rainfall–runoff response of small catchments in the tropical Andes (Ecuador). *Journal of Hydrology*, 407(1–4), 164–174. <https://doi.org/10.1016/J.JHYDROL.2011.07.021>
- De la Cruz, R., Mena Vásconez, P., Morales, M., Ortiz, P., Ramón, G., Rivadeneira, S., ... Velázquez, C. (2009). *Gente y Ambiente de Páramo: Realidades y Perspectivas en el Ecuador*. Quito: ECOCIENCIA - Proyecto Páramo Andino.
- EPA. (2001). *Parameters of water quality*. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- FAO. (2014). *Manual Práctico Para El Cultivo De La Trucha Arcoíris*. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Retrieved from <http://www.fao.org/3/a-bc354s.pdf>



- García, Á. (2012). Criterios modernos para evaluación de la calidad del agua para riego. *International Union of Soil Sciences*, 6, 27–36. Retrieved from [http://www.ipni.net/publication/ia-lahp.nsf/0/B3BD6ED103283DDD85257A2F005EF91B/\\$FILE/6 Art.pdf](http://www.ipni.net/publication/ia-lahp.nsf/0/B3BD6ED103283DDD85257A2F005EF91B/$FILE/6%20Art.pdf)
- Gillibrand, P. A., & Turrell, W. R. (1997). The use of simple models in the regulation of the impact of fish farms on water quality in Scottish sea lochs. *Aquaculture*, 159, 33–46.
- Green, J. A., Hardy, R. W., & Brannon, E. L. (2002). Effects of dietary phosphorus and lipid levels on utilization and excretion of phosphorus and nitrogen by rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). 1. Laboratory-scale study. *Aquaculture Nutrition*, 8(4), 279–290. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2095.2002.00218.x>
- Guilpart, A., Roussel, J. M., Aubin, J., Caquet, T., Marle, M., & Le Bris, H. (2012). The use of benthic invertebrate community and water quality analyses to assess ecological consequences of fish farm effluents in rivers. *Ecological Indicators*, 23, 356–365. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2012.04.019>
- Hatami, R., Paul, W., Soofiani, N. M., & Asadollah, S. (2017). Rapid bioassessment of macroinvertebrate communities is suitable for monitoring the impacts of fish farm effluents. *Aquaculture*, 468, 19–25. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2016.09.042>
- Hayes, T., Murtinho, F., Cárdenas Camacho, L. M., Crespo, P., McHugh, S., & Salmerón, D. (2014). Can Conservation Contracts Co-exist with Change? Payment for Ecosystem Services in the Context of Adaptive Decision-Making and Sustainability. *Environmental Management*, 55(1), 69–85. <https://doi.org/10.1007/s00267-014-0380-1>
- Hofstede, R. (2008). Los Servicios Del Ecosistema Páramo: Una visión desde la evaluación de ecosistemas del milenio. *Páramo Y Servicios Ambientales*, 5–18.
- Instituto Ecuatoriano de Normalización. (1998). NTE INEN 2169. Agua, calidad de agua, muestreo, manejo y conservación de muestras, 2169, 20. Retrieved from <https://law.resource.org/pub/ec/ibr/ec.nte.2169.1998.pdf>
- Jokumsen, A., & Svendsen, L. M. (2010). RAINBOW TROUT in Denmark. *Aquaculture*, 1–47.
- Killeen, T. J., Douglas, M., Consiglio, T., Jørgensen, P. M., & Mejia, J. (2007). Dry spots and wet spots in the Andean hotspot. *Journal of Biogeography*, 34(8), 1357–1373. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2699.2006.01682.x>

- Lecca, R., & Lizama, R. (2014). Caracterización de las aguas residuales y la demanda bioquímica de oxígeno. *Industrial Data*, 17(1), 11.
- MAE. (1997). PLAN DE MANEJO AMBIENTAL DEL PARQUE NACIONAL CAJAS. Retrieved December 6, 2017, from <http://www.ambiente.gob.ec/parque-nacional-cajas/>
- Marschner, P., & Rengel, Z. (2007). *Soil Biology- Nutrient Cycling in Terrestrial Ecosystems*. *Soil Biology* (Vol. 10). <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Martin-Peinado, F. J., Navarro, F. B., Jimenez, M. N., Sierra, M., Martinez, F. J., Romero-Freire, A., ... Fernandez-Ondono, E. (2016). Long-Term Effects of Pine Plantations on Soil Quality in Southern Spain. *Land Degradation & Development*, 27(7), 1709–1720. <https://doi.org/10.1002/ldr.2566>
- Miller, D., & Semmens, K. (2002). Waste Management in Aquaculture. *Aquaculture Information Series*, #AQ02-1(January), 1–10.
- Mirrasooli, E., Nezami, S., Ghorbani, R., Khara, H., & Talebi, M. (2012). The Impact of Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*) Farm Effluents on Water Quality. *World Journal of Fish and Marine Sciences* 4, 4(4), 5 (330-334). <https://doi.org/10.5829/idosi.wjfm.2012.04.04.6252>
- Montes, R. T., Navarro, I., Domínguez, R., & Jiménez, B. (2013). Modificación de la capacidad de autodepuración del Río Magdalena ante el cambio climático. *Tecnología Y Ciencias Del Agua*, 4(5), 71–83.
- Mosquera, G. M., Céleri, R., Lazo, P. X., Vaché, K. B., Perakis, S. S., & Crespo, P. (2016). Combined use of isotopic and hydrometric data to conceptualize ecohydrological processes in a high-elevation tropical ecosystem. *Hydrological Processes*, 30(17), 2930–2947. <https://doi.org/10.1002/hyp.10927>
- Mosquera, G. M., Lazo, P. X., Céleri, R., Wilcox, B. P., & Crespo, P. (2015). Runoff from tropical alpine grasslands increases with areal extent of wetlands. *Catena*, 125, 120–128. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2014.10.010>
- MPCA. (2008). *Turbidity: Description, Impact on Water Quality, Sources, Measures -*. *Water Quality/Impaired Waters* (Vol. 3).
- Muñoz-Nava, H., Suárez-Sánchez, J., Vera-Reyes, A., Orozco-Flores, S., Batlle-Sales, J., Ortiz-Zamora, A. de J., & Mendiola-Argüelles, J. (2011). Demanda bioquímica de oxígeno y población en la subcuenca del Río Zahuapan, Tlaxcala, México. *Revista Internacional de*

*Contaminacion Ambiental*, 28(1), 27–38.

- Muñoz, P., Céleri, R., & Feyen, J. (2016). Effect of the resolution of tipping-bucket rain gauge and calculation method on rainfall intensities in an andean mountain gradient. *Water (Switzerland)*, 8(11). <https://doi.org/10.3390/w8110534>
- Myers, N., Mittermeier, R. A., Mittermeier, C. G., da Fonseca, G. A. B., & Kent, J. (2000). Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature*, 403(6772), 853–858. <https://doi.org/10.1038/35002501>
- Nathanailides, C., Tsounami, M., Kakali, F., Logothetis, P., Beza, P., Mayraganis, T., ... Chatziefstathiou, M. (2013). A correlation between alkaline phosphatase and phosphate levels with the biomass of trout farm effluents. *6th International Conference Water and Fish*, (July), 170–175. <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.2180.3364>
- Nordvarg, L., & Johansson, T. (2002). The effects of fish farm effluents on the water, land archipelago, Baltic Sea quality in the A. *Aquacultural Engineering*, 25, 253–279.
- Ochoa-Tocachi, B. F., Buytaert, W., De Bièvre, B., Céleri, R., Crespo, P., Villacís, M., ... Arias, S. (2016). Impacts of land use on the hydrological response of tropical Andean catchments. *Hydrological Processes*, 30(22), 4074–4089. <https://doi.org/10.1002/hyp.10980>
- Padrón, R. S., Wilcox, B. P., Crespo, P., & Céleri, R. (2015). Rainfall in the Andean Páramo: New Insights from High-Resolution Monitoring in Southern Ecuador. *Journal of Hydrometeorology*, 16(3), 985–996. <https://doi.org/10.1175/JHM-D-14-0135.1>
- Papatryphon, E., Petit, J., Van Der Werf, H. M. G., Sadasivam, K. J., & Claver, K. (2005). Nutrient-balance modeling as a tool for environmental management in aquaculture: The case of trout farming in France. *Environmental Management*, 35(2), 161–174. <https://doi.org/10.1007/s00267-004-4020-z>
- Pulatsu, S., Rad, F., Köksal, G., Aydın, F., Ça, A., Benli, K., & Topçu, A. (2004). The Impact of Rainbow Trout Farm Effluents on Water Quality of Karasu Stream, Turkey. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 15, 7 (9-15).
- Quispesivana Vásquez, W., Talavera Núñez, M., & Inga Guevara, M. (2015). EVALUACIÓN DEL IMPACTO EN LA CALIDA DE AGUA DEBIDO A LA PRODUCCIÓN SEMI INTENSIVA DE TRUCHA (*Oncorhynchus mykiss*) EN JAULAS FLOTANTES EN LA

## LAGUNA ARAPA - PUNO, 81(1).

- Romero, L., Ponce, W., & Marcillo, F. (2010). Caracterización y propuesta Técnica de la Acuicultura en la zona de El Cajas, provincia del Azuay, 1–4. Retrieved from <http://www.dspace.espol.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/123456789/2936/5443.pdf?sequence=1>
- Rudd, J. W. M., Kelly, C. A., Schindler, D. W., & Turner, M. A. (1988). Disruption of the Nitrogen Cycle in Acidified Lakes. *Science*, 240(4858), 1515–1517. <https://doi.org/10.1126/science.240.4858.1515>
- Sindilariu, P. D. (2007). Reduction in effluent nutrient loads from flow-through facilities for trout production: A review. *Aquaculture Research*, 38(10), 1005–1036. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2109.2007.01751.x>
- Soil Survey Staff. (2003). *Keys to Soil Taxonomy. Change*. USDA - NRCS. <https://doi.org/10.1109/TIP.2005.854494>
- Song, C., Li, L., Zhang, C., Qiu, L., Fan, L., Wu, W., ... Mao, A. (2017). Dietary risk ranking for residual antibiotics in cultured aquatic products around Tai Lake, China. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 144(June), 252–257. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2017.06.036>
- Subsecretaría de Acuicultura y Pesca. (2014). Producción de alevines se incrementó en los últimos años. Retrieved December 6, 2017, from <https://www.elmercurio.com.ec/421062-produccion-de-alevines-se-incremento-en-los-ultimos-anos/>
- Tomas, D., Čurlin, M., & Marić, A. S. (2017). Assessing the surface water status in Pannonian ecoregion by the water quality index model. *Ecological Indicators*, 79(April), 182–190. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2017.04.033>
- Wang, Z., Du, Y., Yang, C., Liu, X., Zhang, J., Li, E., ... Wang, X. (2017). Occurrence and ecological hazard assessment of selected antibiotics in the surface waters in and around Lake Honghu, China. *Science of the Total Environment*, 609, 1423–1432. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.08.009>
- Zivic, I., Markovic, Z., Filipovic-Rojka, Z., & Zivic, M. (2009). Influence of a Trout Farm on Water Quality and Macrozoobenthos Communities of the Receiving Stream (Tresnjica River, Serbia). *International Review of Hydrobiology*, 94(6), 673–687. <https://doi.org/10.1002/iroh.200811137>

## ANEXOS

### Anexo I. Mediana, mínimo, y máximo de la piscícola Dos Chorreras en todos los tipos de caudal, y en caudales bajos, medios, y altos.

Parámetro	Dos Chorreras															
	Caudal Total				Caudales Bajos				Caudales Medios				Caudales Altos			
	n	Entrada	n	Salida	n	Entrada	n	Salida	n	Entrada	n	Salida	n	Entrada	n	Salida
pH	11	7.579 (7.078 – 7.704)	18	7.455 (7.072 – 8.020)	0	n/a	0	n/a	9	7.579 (7.078 – 7.704)	14	7.455 (7.072 – 7.964)	2	7.499 (7.360 – 7.638)	3	7.416 (7.332 – 7.694)
Turbiedad [FTU]	147	2.066 (0.579 – 9.478)	160	2.906 (0.837 – 10.505)	61	1.870 (0.579 – 7.614)	60	2.906 (1.080 – 6.905)	64	1.895 (0.908 – 9.478)	77	2.725 (0.837 – 10.505)	18	2.246 (0.961 – 6.187)	19	3.180 (1.437 – 6.572)
Conductividad [μS/cm]	144	110.70 (14.50 – 293.0)	156	111.050 (15.40 – 1021.0)	60	125.150 (67.30 – 293.0)	59	129.40 (109.40 – 167.30)	62	102.350 (76.10 – 271.0)	74	104.950 (80.80 – 132.60)	18	85.80 (14.50 – 96.20)	19	89.30 (15.40 – 1021.0)
DQO [mg/L]	123	9.890 (2.283 – 27.437)	136	10.913 (2.290 – 22.584)	43	8.339 (4.976 – 18.730)	43	9.710 (2.290 – 15.875)	62	10.325 (2.283 – 15.925)	74	11.263 (5.517 – 22.584)	18	13.727 (10.030 – 27.437)	19	14.40 (7.785 – 21.309)
DBO [mg/L]	123	7.075 (0.0 – 18.820)	136	7.455 (0.977 – 15.493)	43	5.783 (3.325 – 13.160)	43	6.535 (0.977 – 10.398)	62	7.187 (0.0 – 10.910)	74	7.739 (3.579 – 15.943)	18	9.703 (7.428 – 18.820)	19	9.930 (5.249 – 14.247)
COT [mg/L]	121	3.955 (0.913 – 10.975)	129	4.427 (0.916 – 9.034)	43	3.336 (1.991 – 7.495)	43	3.880 (0.916 – 6.350)	60	4.131 (0.913 – 6.370)	67	4.589 (2.552 – 9.034)	18	5.492 (4.012 – 10.975)	19	5.760 (3.146 – 8.524)
COD [mg/L]	121	2.967 (0.0 – 8.022)	129	3.160 (0.422 – 6.552)	43	2.407 (1.380 – 5.525)	43	2.740 (0.422 – 4.383)	60	3.052 (0.0 – 4.575)	67	3.245 (1.729 – 6.552)	18	4.121 (3.151 – 8.022)	19	4.191 (2.224 – 6.051)
NO <sub>2</sub> [mg/L]	11	0.003 (0.001 – 0.052)	24	0.011 (0.003 – 0.288)	4	0.003 (0.002 – 0.008)	6	0.012 (0.010 – 0.017)	5	0.003 (0.001 – 0.034)	14	0.010 (0.003 – 0.288)	2	0.047 (0.042 – 0.052)	4	0.096 (0.010 – 0.263)
NO <sub>3</sub> [mg/L]	13	0.068 (0.017 – 1.466)	24	0.316 (0.027 – 3.298)	4	0.150 (0.068 – 0.297)	6	0.372 (0.314 – 0.850)	6	0.056 (0.042 – 1.466)	14	0.295 (0.029 – 3.298)	3	0.017 (0.017 – 0.085)	4	0.176 (0.027 – 0.390)
NT [mg/L]	10	0.228 (0.160 – 0.640)	24	0.433 (0.245 – 1.110)	4	0.283 (0.190 – 0.370)	6	0.523 (0.385 – 0.690)	5	0.180 (0.160 – 0.640)	16	0.410 (0.245 – 1.110)	1	0.210	2	0.485 (0.455 – 0.515)
PO <sub>4</sub> [mg/L]	12	0.051 (0.001 – 0.096)	24	0.066 (0.011 – 0.118)	4	0.056 (0.041 – 0.081)	6	0.084 (0.049 – 0.107)	6	0.039 (0.001 – 0.096)	14	0.061 (0.018 – 0.118)	2	0.037 (0.003 – 0.071)	4	0.044 (0.011 – 0.115)
SO <sub>4</sub> [mg/L]	13	4.863 (0.062 – 8.026)	24	4.876 (0.179 – 9.302)	4	6.324 (5.441 – 8.026)	6	5.870 (5.257 – 9.302)	6	4.843 (0.090 – 5.218)	14	4.585 (0.190 – 5.498)	3	0.092 (0.062 – 3.383)	4	1.997 (0.179 – 6.350)

*n/a = no aplica*

# Anexo II. Mediana, mínimo, y máximo de la piscícola Reina del Cisne en todos los tipos de caudal, y en caudales bajos, medios, y altos.

Parámetro	Reina del Cisne															
	Caudal Total				Caudales Bajos				Caudales Medios				Caudales Altos			
	n	Entrada	n	Salida	n	Entrada	n	Salida	n	Entrada	n	Salida	n	Entrada	n	Salida
pH	11	7.478 (7.335 – 7.698)	17	7.481 (7.083 – 7.964)	0	n/a	0	n/	10	7.504 (7.335 – 7.698)	13	7.354 (7.083 – 7.964)	1	7.393	3	7.482 (7.329 – 7.715)
Turbiedad [FTU]	145	2.466 (0.367 – 7.456)	159	2.760 (0.773 – 23.671)	58	2.570 (0.367 – 7.169)	61	2.764 (0.783 – 16.180)	66	2.20 (1.119 – 5.126)	75	2.470 (0.773 – 23.671)	17	2.784 (1.045 – 7.456)	19	3.166 (1.108 – 5.210)
Conductividad [μS/cm]	142	113.450 (14.90 – 980.0)	155	115.30 (15.20 – 1323.0)	58	128.450 (79.50 – 232.0)	60	129.40 (15.20 – 1323.0)	63	103.80 (79.0 – 133.10)	72	109.30 (89.90 – 1120.2)	17	93.40 (14.90 – 980.0)	19	93.30 (15.20 – 243.0)
DQO [mg/L]	121	10.535 (5.646 – 27.011)	135	10.424 (5.029 – 37.80)	41	9.357 (5.646 – 17.120)	44	8.986 (5.029 – 13.917)	63	10.875 (6.840 – 15.690)	72	11.009 (6.035 – 37.80)	17	14.177 (11.117 – 27.011)	19	14.915 (9.966 – 20.386)
DBO [mg/L]	121	7.215 (4.134 – 17.320)	135	6.970 (3.390 – 14.112)	41	6.065 (4.134 – 11.710)	44	6.123 (3.390 – 8.497)	63	7.392 (4.684 – 10.665)	72	7.386 (3.691 – 11.514)	17	10.013 (7.691 – 17.320)	19	9.934 (6.903 – 14.112)
COT [mg/L]	119	4.193 (2.259 – 10.804)	128	4.223 (2.012 – 15.120)	41	3.743 (2.259 – 6.850)	44	3.594 (2.012 – 5.567)	61	4.30 (2.736 – 6.275)	65	4.450 (2.605 – 15.120)	17	5.671 (4.447 – 10.804)	19	5.970 (3.987 – 8.154)
COD [mg/L]	119	3.025 (1.755 – 7.722)	128	2.490 (1.408 – 5.964)	41	2.574 (1.755 – 4.90)	44	2.549 (1.408 – 3.573)	61	3.102 (2.003 – 4.485)	65	3.149 (1.556 – 4.860)	17	4.253 (3.251 – 7.722)	19	4.193 (2.938 – 5.964)
NO <sub>2</sub> [mg/L]	15	0.011 (0.002 – 0.191)	18	0.005 (0.002 – 0.266)	5	0.013 (0.009 – 0.037)	6	0.008 (0.005 – 0.028)	8	0.009 (0.003 – 0.191)	8	0.003 (0.002 – 0.123)	2	0.029 (0.002 – 0.057)	4	0.062 (0.004 – 0.266)
NO <sub>3</sub> [mg/L]	15	0.195 (0.017 – 2.212)	20	0.161 (0.019 – 0.646)	5	0.322 (0.195 – 0.540)	6	0.203 (0.134 – 0.359)	8	0.161 (0.017 – 2.212)	10	0.130 (0.021 – 0.646)	2	0.068 (0.020 – 0.117)	4	0.089 (0.019 – 0.260)
NT [mg/L]	12	0.380 (0.215 – 0.890)	22	0.355 (0.170 – 0.665)	5	0.415 (0.345 – 0.470)	6	0.423 (0.310 – 0.665)	6	0.368 (0.215 – 0.890)	15	0.350 (0.170 – 0.630)	1	0.30	1	0.345
PO <sub>4</sub> [mg/L]	15	0.066 (0.002 – 0.107)	20	0.068 (0.007 – 0.157)	5	0.066 (0.041 – 0.104)	6	0.072 (0.049 – 0.157)	8	0.060 (0.004 – 0.107)	10	0.066 (0.009 – 0.10)	2	0.049 (0.002 – 0.097)	4	0.046 (0.007 – 0.105)
SO <sub>4</sub> [mg/L]	15	5.437 (0.070 – 7.227)	20	4.504 (0.127 – 6.543)	5	5.70 (5.496 – 7.227)	6	4.913 (4.603 – 6.543)	8	4.777 (0.070 – 5.776)	10	3.944 (0.171 – 4.717)	2	1.736 (0.088 – 3.385)	4	1.840 (0.127 – 5.923)

n/a = no aplica

### Anexo III. Mediana, mínimo, y máximo de la piscícola Estación Arco Iris en todos los tipos de caudal, y en caudales bajos, medios, y altos.

Estación Arco Iris																
Parámetro	Caudal Total				Caudales Bajos				Caudales Medios				Caudales Altos			
	n	Entrada	n	Salida	n	Entrada	n	Salida	n	Entrada	n	Salida	n	Entrada	n	Salida
pH	18	7.693 (5.970 – 8.189)	17	7.558 (7.213 – 8.045)	1	7.901	1	8.045	15	7.689 (5.970 – 8.189)	15	7.546 (7.213 – 8.004)	2	7.429 (7.153 – 7.704)	1	7.558
Turbiedad [FTU]	159	2.530 (0.773 – 9.774)	160	2.242 (0.567 – 10.040)	62	2.538 (1.006 – 9.774)	62	2.242 (0.567 – 10.040)	74	2.304 (0.773 – 5.798)	75	2.006 (0.935 – 6.487)	19	2.943 (1.092 – 7.550)	19	3.446 (0.734 – 4.356)
Conductividad [μS/cm]	155	115.0 (2.20 – 380.0)	156	96.30 (14.30 – 835.0)	61	130.20 (13.50 – 164.90)	61	114.10 (18.60 – 145.20)	71	107.90 (2.20 – 134.10)	72	87.60 (49.20 – 149.60)	19	91.20 (14.90 – 380.0)	19	61.0 (14.3 – 835.0)
DQO [mg/L]	135	9.966 (4.525 – 31.033)	136	10.298 (4.076 – 29.108)	45	9.317 (5.709 – 14.365)	45	8.812 (5.710 – 17.745)	71	9.995 (4.525 – 18.385)	72	10.745 (4.076 – 26.795)	19	15.627 (9.816 – 31.033)	19	20.963 (9.227 – 29.108)
DBO [mg/L]	135	6.818 (2.115 – 19.583)	136	7.104 (2.498 – 20.730)	45	6.284 (4.061 – 10.240)	45	5.095 (3.754 – 12.635)	71	6.885 (2.115 – 12.620)	72	7.414 (2.498 – 19.325)	19	10.826 (7.184 – 19.583)	19	14.960 (6.804 – 20.730)
COT [mg/L]	128	3.988 (1.810 – 12.413)	129	4.151 (2.192 – 11.644)	45	3.727 (2.284 – 5.745)	45	3.525 (2.284 – 7.10)	64	4.021 (1.810 – 7.355)	65	4.410 (2.192 – 10.720)	19	6.251 (3.927 – 12.413)	19	8.385 (3.691 – 11.644)
COD [mg/L]	128	2.897 (0.865 – 9.476)	129	3.035 (1.602 – 8.767)	45	2.597 (1.723 – 4.275)	45	2.430 (1.602 – 5.290)	64	2.940 (0.865 – 5.290)	65	3.173 (1.747 – 8.115)	19	4.603 (3.035 – 9.476)	19	6.313 (2.866 – 8.767)
NO <sub>2</sub> [mg/L]	24	0.175 (0.031 – 0.725)	15	0.005 (0.002 – 0.069)	6	0.268 (0.171 – 0.388)	4	0.006 (0.005 – 0.008)	17	0.140 (0.031 – 0.725)	8	0.004 (0.002 – 0.069)	1	0.059	3	0.005 (0.004 – 0.061)
NO <sub>3</sub> [mg/L]	24	0.018 (0.015 – 0.026)	22	0.102 (0.012 – 0.808)	6	0.018 (0.018 – 0.019)	5	0.207 (0.062 – 0.394)	17	0.016 (0.015 – 0.026)	14	0.088 (0.012 – 0.808)	1	0.024	3	0.136 (0.037 – 0.328)
NT [mg/L]	0	n/a	24	0.350 (0.185 – 0.670)	0	n/a	6	0.425 (0.310 – 0.670)	0	n/a	16	0.303 (0.185 - .585)	0	n/a	2	0.418 (0.405 – 0.430)
PO <sub>4</sub> [mg/L]	23	0.010 (0.003 – 0.017)	21	0.068 (0.003 – 0.157)	6	0.013 (0.008 – 0.017)	5	0.068 (0.042 – 0.157)	17	0.009 (0.003 – 0.016)	14	0.049 (0.003 – 0.151)	0	n/a	2	0.112 (0.091 – 0.133)
SO <sub>4</sub> [mg/L]	24	0.218 (0.075 – 1.236)	22	1.451 (0.056 – 4.532)	6	0.263 (0.20 – 1.030)	5	1.887 (1.760 – 4.532)	17	0.201 (0.075 – 1.236)	14	1.441 (0.056 – 1.779)	1	0.146	3	1.080 (0.245 – 1.393)

n/a = no aplica

# Anexo IV. Mediana, mínimo, y máximo de la piscícola ETAPA en todos los tipos de caudal, y en caudales bajos, medios, y altos.

Parámetro	ETAPA															
	Caudal Total				Caudales Bajos				Caudales Medios				Caudales Altos			
	n	Entrada	n	Salida	n	Entrada	n	Salida	n	Entrada	n	Salida	n	Entrada	n	Salida
pH	18	7.693 (5.970 – 8.189)	18	7.376 (7.216 – 7.983)	1	7.901	1	7.929	15	7.689 (5.970 – 8.189)	15	7.351 (7.216 – 7.983)	2	7.429 (7.153 – 7.704)	2	7.516 (7.231 – 7.80)
Turbiedad [FTU]	159	2.530 (0.773 – 9.774)	121	2.591 (0.760 – 10.645)	62	2.538 (1.006 – 9.774)	52	2.503 (0.760 – 10.645)	74	2.304 (0.773 – 5.798)	53	2.409 (0.804 – 6.440)	19	2.943 (1.092 – 7.550)	12	2.722 (1.299 – 4.482)
Conductividad [μS/cm]	155	115.0 (2.20 – 380.0)	119	119.0 (2.50 – 969.0)	61	130.20 (13.50 – 164.90)	51	133.30 (2.50 – 172.50)	71	107.90 (2.20 – 134.10)	52	105.90 (78.10 – 146.10)	19	91.20 (14.90 – 380.0)	12	91.950 (15.10 – 969.0)
DQO [mg/L]	135	9.966 (4.525 – 31.033)	97	10.440 (4.688 – 20.862)	45	9.317 (5.709 – 14.365)	34	9.516 (4.688 – 11.817)	71	9.995 (4.525 – 18.385)	51	11.030 (5.390 – 20.295)	19	15.627 (9.816 – 31.033)	12	14.932 (8.575 – 20.862)
DBO [mg/L]	135	6.818 (2.115 – 19.583)	97	7.104 (3.0 – 14.299)	45	6.284 (4.061 – 10.240)	34	6.378 (3.0 – 8.141)	71	6.885 (2.115 – 12.620)	51	7.542 (3.705 – 14.140)	19	10.826 (7.184 – 19.583)	12	10.308 (5.843 – 14.299)
COT [mg/L]	128	3.988 (1.810 – 12.413)	94	4.191 (1.875 – 8.345)	45	3.727 (2.284 – 5.745)	34	3.807 (1.875 – 4.727)	64	4.021 (1.810 – 7.355)	48	4.439 (2.156 – 8.118)	19	6.251 (3.927 – 12.413)	12	5.973 (3.430 – 8.345)
COD [mg/L]	128	2.897 (0.865 – 9.476)	94	3.037 (1.245 – 6.038)	45	2.597 (1.723 – 4.275)	34	2.665 (1.245 – 3.414)	64	2.940 (0.865 – 5.290)	48	3.203 (1.567 – 5.966)	19	4.603 (3.035 – 9.476)	12	4.349 (2.484 – 6.038)
NO <sub>2</sub> [mg/L]	24	0.175 (0.031 – 0.725)	20	0.005 (0.003 – 0.122)	6	0.268 (0.171 – 0.388)	4	0.006 (0.003 – 0.008)	17	0.140 (0.031 – 0.725)	13	0.005 (0.003 – 0.122)	1	0.059	3	0.008 (0.003 – 0.086)
NO <sub>3</sub> [mg/L]	24	0.018 (0.015 – 0.026)	20	0.208 (0.019 – 0.509)	6	0.018 (0.018 – 0.019)	4	0.265 (0.157 – 0.340)	17	0.016 (0.015 – 0.026)	13	0.194 (0.019 – 0.509)	1	0.024	3	0.152 (0.032 – 0.241)
NT [mg/L]	0	n/a	19	0.375 (0.270 – 0.620)	0	n/a	5	0.425 (0.270 – 0.620)	0	n/a	12	0.363 (0.280 – 0.485)	0	n/a	2	0.355 (0.310 – 0.40)
PO <sub>4</sub> [mg/L]	23	0.010 (0.003 – 0.017)	20	0.060 (0.004 – 0.106)	6	0.013 (0.008 – 0.017)	4	0.072 (0.053 – 0.106)	17	0.009 (0.003 – 0.016)	13	0.057 (0.004 – 0.095)	0	n/a	3	0.053 (0.007 – 0.080)
SO <sub>4</sub> [mg/L]	24	0.218 (0.075 – 1.236)	20	3.918 (0.086 – 5.048)	6	0.263 (0.20 – 1.030)	4	4.617 (1.792 – 4.765)	17	0.201 (0.075 – 1.236)	13	3.826 (0.086 – 4.558)	1	0.146	3	3.293 (0.147 – 5.048)

n/a = no aplica



Anexo V. Características y composición del alimento balanceado.

**N° DE REGISTRO INP-R: 1840**

**PESO NETO**  
**5 Kg.**

**ALIMENTO PARA**  
**TRUCHA**  
**50% DE PROTEÍNA**

**INGREDIENTES:**  
Cereales, Harina de soja, Pasta de soja, Harina de pescado, Hemoglobina porcina, Concentrado proteico de maíz, Harina de maíz, Aceite de pescado, Aceite vegetal, Antitróxico, Antioxidante, Premix de Minerales, Premix de Vitaminas.

**ANÁLISIS GARANTIZADO**

Humedad	(Máx.)	12.0 %
Proteína	(Mín.)	50.0 %
Grasa	(Mín.)	15.0 %
Fibra	(Máx.)	2.0 %
Cenizas	(Máx.)	12.0 %

www.gisis.com.ec

**RECOMENDACIONES DE USO**  
Aproximadamente entre 2% a 4% de la biomasa, repartidos 2 a 3 veces al día.

**ELABORADO Y DISTRIBUIDO POR:**  
**GISIS S.A.**  
  
Planta:  
Km 4.5 Vía Durán - Tumbaco  
Mañabo:  
Km 6.5 Vía Guías - Tumbaco  
Teléfonos 250 8100 - 3815737  
DURÁN - ECUADOR  
www.gisis.com.ec

Fecha de Producción: **5012353** Lot: **5012353**  
N° de Caja: **5012353**  
Fecha de Vencimiento: **5012353**

**CONDICIONES DE CONSERVACIÓN**  
Almacenar en lugares cubiertos, secos y bien ventilados.  
No exponer el alimento directamente a los rayos solares. Consumir el producto dentro de los 100 días subsiguientes a la fecha de producción.

**USO VETERINARIO**  
Especie de destino: Trucha arco iris (Oncorhynchus mykiss)

**N° DE REGISTRO INP-R: 1839**

**PESO NETO**  
**20 Kg**

**ALIMENTO PARA**  
**TRUCHA**  
**40% DE PROTEÍNA**

**INGREDIENTES:**  
Cereales, Pasta de soja, Harina de pescado, Hemoglobina porcina, Concentrado Proteico de maíz, Harina de maíz, Aceite de pescado, Aceite vegetal, Antitróxico, Antioxidante, Premix de Minerales, Premix de Vitaminas.

**ANÁLISIS GARANTIZADO**

Humedad	(Máx.)	12.0 %
Proteína	(Mín.)	40.0 %
Grasa	(Mín.)	13.0 %
Fibra	(Máx.)	2.5 %
Cenizas	(Máx.)	12.0 %

www.gisis.com.ec

**INDICACIONES DE USO**  
Aproximadamente entre 2% a 4% de la biomasa, repartidos 2 a 3 veces al día.

**ELABORADO Y DISTRIBUIDO POR:**  
**GISIS S.A.**  
  
Planta:  
Km 4.5 Vía Durán - Tumbaco  
Mañabo:  
Km 6.5 Vía Guías - Tumbaco  
Teléfonos 250 8100 - 3815737  
DURÁN - ECUADOR  
www.gisis.com.ec

Fecha de Producción: **5012353** Lot: **5012353**  
N° de Caja: **5012353**  
Fecha de Vencimiento: **5012353**

**CONDICIONES DE CONSERVACIÓN**  
Almacenar en lugares cubiertos, secos y bien ventilados.  
No exponer el alimento directamente a los rayos solares. Consumir el producto dentro de los 100 días subsiguientes a la fecha de producción.

**USO VETERINARIO**  
Especie de destino: Trucha arco iris (Oncorhynchus mykiss)



*Anexo VI. Registro Ambiental de la piscícola Dos Chorreras.*



MAE-RA-2016-246204  
miércoles, 11 de mayo 2016

## REGISTRO AMBIENTAL

### 1. INFORMACIÓN DEL PROYECTO

#### 1.1 PROYECTO, OBRA O ACTIVIDAD

OPERACIÓN DE LA PISCICOLA "DOS CHORRERAS"

#### 1.2 ACTIVIDAD ECONÓMICA

CULTIVO DE PECES DE AGUA DULCE Y GRANJAS PISCICOLAS CON SUPERFICIE MAYOR A 5 HECTÁREAS

#### 1.3 RESUMEN DEL PROYECTO, OBRA O ACTIVIDAD

La Piscicola "DOS CHORRERAS" opera desde el año 1975, cultivando y comercializando Truchas de la especie Arco Iris (*Oncorhynchus mykiss*). Los procesos desarrollados son el Desove, Fecundación en Laboratorio, Crianza y Comercialización (Faenada o Viva). Se cuentan con alrededor de 90 piscinas (naturales o controladas) para realizar todos estos procesos. La producción mensual es 7-8 Ton.

### 2. DATOS GENERALES

#### Sistema de coordenadas

Este (X)	Norte (Y)	Altitud
703679.0	9692056.0	3430
703767.0	9691862.0	3430
703786.0	9691859.0	3430
703806.0	9691680.0	3430
703816.0	9691653.0	3430
703901.0	9691664.0	3430
703889.0	9691731.0	3430
703898.0	9691817.0	3430
703873.0	9691834.0	3430
703860.0	9691861.0	3430
703859.0	9691878.0	3430
703865.0	9691910.0	3430
703840.0	9691909.0	3430
703820.0	9691916.0	3430
703811.0	9691930.0	3430
703808.0	9691964.0	3430
703812.0	9691996.0	3430
703796.0	9692017.0	3430
703771.0	9692048.0	3430
703761.0	9692067.0	3430
703749.0	9692076.0	3430
703732.0	9692081.0	3430
703719.0	9692092.0	3430
703706.0	9692108.0	3430
703679.0	9692056.0	3430

Estado del proyecto, obra o actividad (FASE):	- Operación y Mantenimiento
Dirección del proyecto, obra o actividad:	Vía Cuenca-Molleturo-Naranjal, Km.14, Sector Dos Chorreras - El Cajas

#### Dirección

Provincia	Cantón	Parroquia
AZUAY	CUENCA	SAYAUSI
Tipo zona: Rural		

#### Datos del promotor



MAE-RA-2016-246204  
miércoles, 11 de mayo 2016

Nombre:	CARRASCO RODRIGUEZ GUIDO LEONARDO
Domicilio del promotor:	Via Cuenca-Molleturo-Naranjal, Km.14, Sector Dos Chorreras - El Cajas
Correo electrónico del promotor:	DOS-CHORRERAS@hotmail.com   Teléfono: 072848681

#### Características de la zona

Área del proyecto (ha): 39.2	Infraestructura (residencial, industrial, agropecuaria u otros): Otros
Área Total del proyecto (ha): 39.2	Área de implantación: 4.32 ha
Agua potable: No	Consumo de agua por mes (m3): 0
Energía eléctrica: SI	Consumo de energía eléctrica por mes (Kv): 250.00
Acceso vehicular: SI	Tipo de vía de acceso: Vías principales
Alcantarillado: No	
<b>SITUACIÓN DEL PREDIO</b>	
Situación del predio:	Propia

### 3. MARCO LEGAL REFERENCIAL

(Ver Anexo 1)

### 4. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

#### Actividades del proceso

Fase	Actividad	Fecha desde	Fecha hasta	Descripción
Operación y Mantenimiento	Maduración	02/05/2016	02/05/2017	Por un periodo de 4 meses, se procede a la crianza y engorde de los avelines. Durante esta estancia, las piscinas son diferenciadas y clasificadas por el tamaño y función de las especies (juveniles, engorde y reproductores).
Operación y Mantenimiento	Comercialización (Faenada)	02/05/2016	02/05/2017	Si el requerimiento del producto es faenado, se realiza la extracción de vísceras y lavado del producto. Esto con la ayuda de herramienta menor como cuchillos
Operación y Mantenimiento	Comercialización (Viva)	02/05/2016	02/05/2017	Aproximadamente el 30% de la producción es requerida viva, por



MAE-RA-2016-246204  
miércoles, 11 de mayo 2016

				lo cual únicamente se procede a seleccionar las especies de las piscinas, pesárselas y comercializarlas directamente.
Operación y Mantenimiento	Desove	02/05/2016	02/05/2017	El proceso productivo es cíclico, iniciando con el Desove. Para esto se hace una selección de las especies reproductoras para proceder a la extracción de los huevos de las Hembras y del Semen de los Machos. Fase que dura durante los meses de Feb-Ago.
Operación y Mantenimiento	Fecundación y Cuidado Controlado	02/05/2016	02/05/2017	Mezcladas las ovas y el semen, se traslada al Laboratorio donde inicia el proceso de fecundación y cuidado controlado de las ovas fecundadas, pre-avelines, para finalizar en la etapa de avelines. Esta fase dura 8 meses.

#### Equipos y herramientas

Equipo o Herramienta	Cantidad (Unidades)
Balanza	2
Envases Plásticos	50
Palas	10
Carretillas	10
Cuchillos para faenado	5
Redes para Pescar	20

#### Materiales e insumos

Materiales e insumos	Cantidad
Alimento para Truchas	11985 (kg)
Cal y Cascanilla para estabilizar desechos	400 (kg)

#### 5. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE IMPLANTACIÓN

Clima:	Templado (más de 2300msnm)
Tipo de suelo:	Rocosos Saturados



MAE-RA-2016-246204  
miércoles, 11 de mayo 2016

Pendiente del suelo:	Montañoso (Terreno quebrado)
Demografía (Población más cercana):	Ondulado (pendiente mayor al 30%)
Abastecimiento de agua población:	Entre 0 y 1.000 habitantes
Evacuación de aguas servidas población:	Conexión domiciliaria
Electrificación:	Cuerpo de aguas superficiales
Vialidad y acceso a la población:	Cuerpos de aguas superficiales
Organización social:	Fosa séptica
	Red pública
	Vías principales
	Primer grado (comunal, barrial, urbanización)

### Componente Fauna:

Piso Zoogeográfico donde se encuentra el proyecto:	Piso zoogeográfico no definido (> 3000 msnm)
Grupos faunísticos que se encontraron en el área del Proyecto:	Anfibios Aves Insectos Mamíferos Peces

## 6. PRINCIPALES IMPACTOS AMBIENTALES

<b>Fase: Operación y Mantenimiento - Actividad: Maduración</b>	
Factor	Impacto
Socio - Económico	Generación de plazas de empleo
<b>Fase: Operación y Mantenimiento - Otras Actividades: Comercialización (Faenada)</b>	
Factor	Impacto
Agua	Generación de Aguas Residuales que contienen materia orgánica, producto del faenamiento de las truchas
Paisaje	Generación de Desechos Orgánicos
Social	Riesgos de Incidentes Laborables, durante el proceso de faenamiento

## 7. PLAN DE MANEJO AMBIENTAL (PMA)

Plan de cierre, abandono y entrega del área						
Actividad	Responsable	Fecha desde	Fecha hasta	Presupuesto	Justificativo	Frecuencia
Cuando se programe el cierre de la PISCÍCOLA, desmantelar las instalaciones eléctricas, contra incendios, equipamiento, mobiliario y	Representante Legal de la PISCÍCOLA "DOS CHORRERAS"	2016-05-03	2017-05-03	\$300.00	Habilitar las Instalaciones de PISCÍCOLA "DOS CHORRERAS" para otros usos del suelo	1Anual




MAE-RA-2016-246204  
miércoles, 11 de mayo 2016

señalización						
<b>Plan de comunicación y capacitación</b>						
Actividad	Responsable	Fecha desde	Fecha hasta	Presupuesto	Justificativo	Frecuencia
Cada año capacitar a los empleados de la PISCÍCOLA "DOS CHORRERAS" en temas de Prevención de Riesgos Laborables, Salud Ocupacional, Gestión Ambiental	Representante Legal de la PISCÍCOLA "DOS CHORRERAS"	2016-05-03	2017-05-03	\$100.00	Prevenir Riesgos e Incidentes Laborables	1Anual
<b>Plan de contingencias</b>						
Actividad	Responsable	Fecha desde	Fecha hasta	Presupuesto	Justificativo	Frecuencia
Implementar un bote y chaleco salvavidas para ser usado en casos de requerirse en las piscinas	Representante Legal de la PISCÍCOLA "DOS CHORRERAS"	2016-05-03	2016-09-03	\$300.00	Responder ágil y eficientemente ante situaciones de riesgo en PISCÍCOLA "DOS CHORRERAS"	1Semestral
El área de almacenamiento de la Cal, debe ser cubierta, con piso impermeable y señalizada mediante el Rombo de Seguridad del Riesgo Químico UN	Representante Legal de la PISCÍCOLA "DOS CHORRERAS"	2016-05-03	2016-08-03	\$50.00	Responder ágil y eficientemente ante situaciones de riesgo en PISCÍCOLA "DOS CHORRERAS"	1Trimestral
Elaborar y Difundir el Reglamento de Buenas Practicas de Manufactura y Seguridad Laboral	Representante Legal de la PISCÍCOLA "DOS CHORRERAS"	2016-05-03	2016-11-03	\$100.00	Responder ágil y eficientemente ante situaciones de riesgo en PISCÍCOLA "DOS CHORRERAS"	1Semestral
Elaborar y Difundir el Plan de Contingencias y Emergencias ante las situaciones de emergencia más probables (inundaciones y afecciones a la	Representante Legal de la PISCÍCOLA "DOS CHORRERAS"	2016-05-03	2016-11-03	\$100.00	Responder ágil y eficientemente ante situaciones de riesgo en PISCÍCOLA "DOS CHORRERAS"	1Semestral



MAE-RA-2016-246204  
miércoles, 11 de mayo 2016

salud por						
Mantener los equipos contra incendios recargados, señalizados y en perfectas condiciones de operación	Representante Legal de la PISCÍCOLA "DOS CHORRERAS"	2016-05-03	2016-08-03	\$100.00	Responder ágil y eficientemente ante situaciones de riesgo en PISCÍCOLA "DOS CHORRERAS"	1 Trimestral
<b>Plan de manejo de desechos</b>						
Actividad	Responsable	Fecha desde	Fecha hasta	Presupuesto	Justificativo	Frecuencia
Continuar con la segregación de las vísceras durante el faenando, almacenándolas dentro de un tanque plástico rotulado con color naranja: "VISCERAS"	Representante Legal de la PISCÍCOLA "DOS CHORRERAS"	2016-05-03	2016-08-03	\$50.00	Gestionar adecuadamente esta clase de desechos	1 Diario
Los sólidos sedimentados del fondo de las piscinas durante las actividades de la limpieza deberán ser desalojados de las instalaciones	Representante Legal de la PISCÍCOLA "DOS CHORRERAS"	2016-05-03	2017-05-03	\$500.00	Indicar el destino o disposición final, en consideración de que este material podrá ser utilizado como relleno o abono fuera del área	1 Trimestral
Finalizada la jornada laboral en el área de faenamiento, se añadirá Cal y Cascarilla al contenedor de las vísceras	Representante Legal de la PISCÍCOLA "DOS CHORRERAS"	2016-05-03	2017-05-03	\$100.00	Estabilizar los desechos y poder ser aprovechados (re-utilizados) como abono orgánico	1 Diario
Los desechos de tipo No Reciclables, deberán ser segregados desde la fuente de generación en todas las instalaciones de PISCÍCOLA "DOS CHORRERAS"	Representante Legal de la PISCÍCOLA "DOS CHORRERAS"	2016-05-03	2017-04-03	\$50.00	Gestionar adecuadamente esta clase de desechos	1 Diario
Los desechos de tipo Reciclables (cartón, plástico	Representante Legal de la PISCÍCOLA "DOS CHORRERAS"	2016-05-03	2017-05-03	\$50.00	Representante Legal de la PISCÍCOLA "DOS CHORRERAS"	1 Diario





MAE-RA-2016-246204  
miércoles, 11 de mayo 2016

y vidrio) deberán ser segregados desde la fuente de generación en las instalaciones de PISCÍCOLA	CHORRERAS"				CHORRERAS"	
Con la frecuencia establecida por la Empresa, los desechos comunes Reciclables y No Reciclables deberán ser desalojados	Representante Legal de la PISCÍCOLA "DOS CHORRERAS"	2016-05-03	2017-05-03	\$100.00	Gestionar adecuadamente esta clase de desechos	1Semanal
Desalojar del área de faenado las vísceras estabilizadas con cal y cascarilla. Estos desechos deben ser re-utilizados como abono	Representante Legal de la PISCÍCOLA "DOS CHORRERAS"	2016-05-03	2017-05-03	\$200.00	Reutilizar como abono tanto dentro como fuera de las instalaciones de la Piscícola	1Diario
<b>Plan de monitoreo y seguimiento</b>						
<b>Actividad</b>	<b>Responsable</b>	<b>Fecha desde</b>	<b>Fecha hasta</b>	<b>Presupuesto</b>	<b>Justificativo</b>	<b>Frecuencia</b>
Cada 6 meses verificar el cumplimiento del Plan de Manejo Ambiental	Representante Legal de la PISCÍCOLA "DOS CHORRERAS"	2016-05-03	2017-05-03	\$10.00	Cumplimiento del Plan de Manejo Ambiental	1Semestral
Realización del Informe de Seguimiento y Cumplimiento del Plan de Manejo Ambiental	Representante Legal de la PISCÍCOLA "DOS CHORRERAS"	2016-05-03	2017-05-03	\$500.00	Cumplimiento del Plan de Manejo Ambiental	1Anual
Culminado el sistema de tratamiento, realizar monitoreos de las descargas y compararlos con lo establecido en la normativa ambiental	Representante Legal de la PISCÍCOLA "DOS CHORRERAS"	2016-05-03	2017-02-03	\$500.00	Evitar contaminación al Río Quinuas	1Anual
<b>Plan de prevención y mitigación de impactos</b>						
<b>Actividad</b>	<b>Responsable</b>	<b>Fecha desde</b>	<b>Fecha hasta</b>	<b>Presupuesto</b>	<b>Justificativo</b>	<b>Frecuencia</b>
Continuar con la limpieza	PISCÍCOLA "DOS"	2016-05-03	2016-08-03	\$150.00	Evitar cualquier clase de	1Trimestral



MAE-RA-2016-246204  
miércoles, 11 de mayo 2016

trimestral de las piscinas, extrayendo los depósitos y sedimentos	CHORRERAS" - Piscinas de Crianza				descarga contaminante al Río Quinuas	
Retener mediante mallas la mayor cantidad de materia orgánica durante los procesos de eviscerado y lavado de las truchas	Representante Legal de la PISCÍCOLA "DOS CHORRERAS"	2016-05-03	2016-08-03	\$100.00	Evitar cualquier clase de descarga contaminante al Río Quinuas	1Diario
Mantener las condiciones de aireación y oxigenación permanente en cada una de las piscinas de maduración, como también en los canales de desfogue	Representante Legal de la PISCÍCOLA "DOS CHORRERAS"	2016-05-03	2016-08-03	\$50.00	Evitar cualquier clase de descarga contaminante al Río Quinuas	1Diario
Implementar el Tratamiento de tipo Anaerobio y Humedales diseñado específicamente para la descarga del Aguas Residuales del proceso de Faenando	Representante Legal de la PISCÍCOLA "DOS CHORRERAS"	2016-05-03	2017-01-03	\$1,500.00	Evitar cualquier clase de descarga contaminante al Río Quinuas	1Anual
<b>Plan de rehabilitación</b>						
Actividad	Responsable	Fecha desde	Fecha hasta	Presupuesto	Justificativo	Frecuencia
Si de contar con evidencia técnica debidamente sustentada de afectación a la calidad del agua superficial, realizar el monitoreo y reparar los daños	Representante Legal de la PISCÍCOLA "DOS CHORRERAS"	2016-05-03	2017-05-03	\$500.00	Mantener la Calidad Ambiental del entorno	1Anual
<b>Plan de relaciones comunitarias</b>						
Actividad	Responsable	Fecha desde	Fecha hasta	Presupuesto	Justificativo	Frecuencia
Se deberá dar preferencia a	Representante Legal de la	2016-05-03	2017-05-03	\$100.00	Mantener Buenas	1Anual



MAE-RA-2016-246204  
miércoles, 11 de mayo 2016

moradores del sector para trabajos ocasionales	PISCÍCOLA "DOS CHORRERAS"				Relaciones con los vecinos	
Mantener la mano de obra local o del sector	Representante Legal de la PISCÍCOLA "DOS CHORRERAS"	2016-05-03	2017-05-03	\$500.00	Mantener Buenas Relaciones con los vecinos	1Anual
Elaborar un REGISTRO DE SUGERENCIAS Y MOLESTIAS, con el fin de que las afecciones generadas sean registradas, atendidas y subsanadas	Representante Legal de la PISCÍCOLA "DOS CHORRERAS"	2016-05-03	2016-07-03	\$100.00	Mantener Buenas Relaciones con los vecinos	1Anual
<b>Plan de seguridad y salud ocupacional</b>						
Actividad	Responsable	Fecha desde	Fecha hasta	Presupuesto	Justificativo	Frecuencia
Dotar permanentemente el EPP al personal que labora en las dif. instalaciones de la PISCÍCOLA	Representante Legal de la PISCÍCOLA "DOS CHORRERAS"	2016-05-03	2017-05-03	\$500.00	Prevenir riesgos a la salud de los empleados de la PISCÍCOLA "DOS CHORRERAS"	1Diario
						<b>Total: \$6,610.00</b>



*Anexo VII. Plan de muestreo del efluente de la piscícola Reina del Cisne.*

## PLAN DE MUESTREO DEL EFLUENTE DE AGUA RESIDUAL DE PISCÍCOLA REINA DEL CISNE

### ANTECEDENTES

Con la finalidad de realizar el Plan de Muestreo para el automonitoreo de la descarga de agua residual que debe realizar Piscícola Reina del Cisne, se realizó la inspección el día viernes 3 de febrero de 2017. Acompañó a la inspección el señor Hugo Campoverde, técnico encargado de piscicultura quien explicó el proceso de crianza, faeneamiento y abastecimiento de agua para la piscícola. A continuación, se presenta el informe de la inspección y el Plan de Muestreo.

### 2. DESCRIPCIÓN DE PISCÍCOLA REINA DEL CISNE

Piscícola Reina del Cisne, se dedica a la crianza, faeneamiento de truchas y servicio de restaurant. Los datos para la descripción de la piscícola han sido tomados del formulario de registro de descargas.

#### 2.1 Ubicación

Piscícola Reina del Cisne, se encuentra ubicada en la vía Cuenca-Cajas-Molleturo sector Dos Chorreras; en las coordenadas X: 703996.412; Y: 9691355. El representante legal a la fecha de elaboración de este documento es la Sra. María Guerrero Llivichuzca.

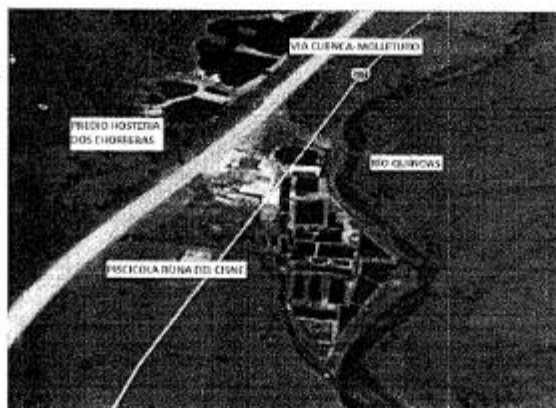


Figura 1. Ubicación de Piscícola Reina del Cisne.

#### 2.2. Información relativa a administración.

El horario de atención es de lunes a domingo de 08H00 a 17h00. El número de trabajadores en el área de producción de truchas es de 4 personas; y, en el área administrativa y de restaurant es 1 persona.

Mensualmente el número de personas que acuden a las instalaciones de Piscícola Reina del Cisne (restaurant) son aproximadamente 300, teniendo como los días de mayor afluencia los fines de semana.

### 2.3. Producción de trucha en Piscícola Reina del Cisne:

De acuerdo al formulario de registro de descargas, la producción de trucha reportada por Piscícola Reina del Cisne, se resumen en la Tabla 1:

Producto	Cantidad media mensual (unidades)
Huevos de trucha	50000
Pre alevines	45000
Alevines	40000
Dedinos	40000
Trucha de engorde	39000

Tabla 1. Producción reportada por Piscícola Reina del Cisne

### 2.4. Materias primas utilizadas para la producción de truchas

De acuerdo al formulario de registro de descargas en el proceso de cría y producción de truchas en Piscícola Reina del Cisne, se utilizan las siguientes materias primas que se indican en la Tabla 2:

Producto	Promedio mensual
Balanceado (harina, grasa de pescado, ceniza, maíz)	100 sacos
Huevos de trucha	50000 unidades

Tabla 2. Materia Prima utilizada por Piscícola reina del Cisne.

### 2.5. Abastecimiento de agua

Piscícola Reina del Cisne, cuenta con cuatro afluentes que abastecen a la producción de trucha. Según los datos levantados en la inspección se tienen los siguientes caudales de agua utilizada en la producción de trucha:

AFLUENTES DE PISCICOLA Y RESTAURANT REINA DEL CISNE		
NOMBRE DEL AFLUENTE	CAUDAL ESTIMADO (lt/seg)	USO DE AGUA
Rio Quinoas	150	Piscinas de cría y engorde de trucha
Captación Hostería Dos Chorreras	50	Piscinas de cría y engorde de trucha
Agua entubada (frente al predio)	30	Piscina de alevines
Agua entubada (Gallo Cantana)	15	Vivienda y restaurant

Tabla 3. Afluentes de Piscícola Reina del Cisne.

Existen infraestructuras de captación que conducen el agua hacia estanques y lagunas para crianza, sala de post alevinaje, salas de incubación y alevinaje, piscinas de engorde y reproducción de truchas para finalmente desembocar al Río Quinoas.

El agua proveniente del afluente Gallo Cantana es utilizado para uso doméstico y baterías sanitarias del restaurant y vivienda. El afluente proveniente de agua entubada que es originario del frente del predio es utilizado para las piscinas de alevinaje; y, los afluentes del Río Quinoas y descarga de Dos Chorreras son utilizados en las piscinas de cría y engorde.



## 2.6 Sistema de alcantarillado interno y pretratamiento

Piscícola Reina del Cisne posee un alcantarillado unificado de aguas domésticas y de faenamiento de truchas que descarga hacia una fosa séptica de 64 m<sup>3</sup> de capacidad que se encuentra ubicada en el norte del predio.

El agua que ingresa al sistema de piscinas para crianza, engorde y reproducción de truchas atraviesa un lecho de piedras que es utilizado como filtro y luego a un desarenador, para finalmente desembocar al Río Quinoas. La limpieza del filtro se realiza una vez al mes.

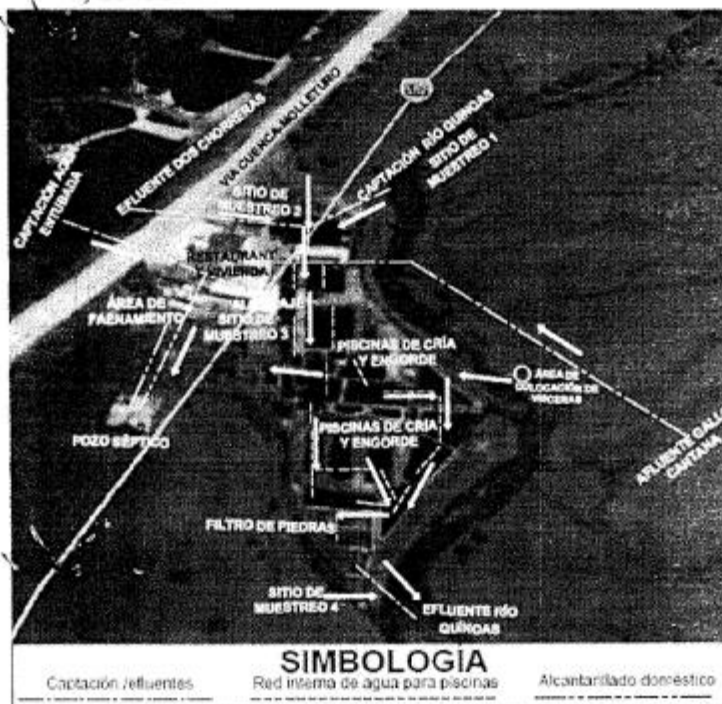


Figura 2. Esquema de alcantarillado interno de Piscícola Reina del Cisne

## 3. PROCESO PRODUCTIVO

El diagrama de flujo del proceso productivo de Piscícola Reina del Cisne, se encuentra elaborado de acuerdo a la inspección realizada se adjunta en el Anexo 1, en el se pueden apreciar las entradas de materia prima, agua, aditivos, etc. Así mismo las operaciones en las que se genera agua residual. Según información proporcionada por el personal de la piscícola, se resumen los siguientes procesos que usan agua:

### 3.1 Faenamiento de truchas

Debido a que Piscícola Reina del Cisne cuenta con servicio de restaurant se realiza el faenamiento de truchas. El faenamiento se lo realiza cuando los truchas han alcanzado el tamaño y peso esperado por el productor.

En base a la inspección, el faenamiento se lo realiza en un área destinada para este propósito, donde el agua de lavado de truchas es conducida hacia una fosa séptica y las vísceras son depositadas en un tanque que es trasladado hacia la parte trasera del predio donde existe un área donde se las trata con cal para ser utilizada como abono orgánico. Cabe indicar que los días donde existe mayor faenamiento de truchas son los fines de semana.

## 4. PLAN DE MUESTREO

Los artículos 255 y 257 del Libro VI de la Calidad Ambiental del TULSMA establecen que los sujetos de control son responsables por el monitoreo de sus descargas, por lo que el monitoreo deberá ser realizado por Piscícola Reina del Cisne. Los resultados del auto monitoreo deberán ser respaldados con las respectivas condiciones de operación bajo las cuales fueron tomadas las muestras. Piscícola Reina del Cisne, deberá realizar el auto monitoreo de la descarga de aguas residuales de acuerdo al siguiente Plan de Muestreo.

### 4.1 Sitios de muestreo: Piscícola Reina del Cisne realizará el muestreo en 4 sitios:

- En la captación del Río Quínoas
- En el efluente de Hostería Dos Chorreras
- En la captación de agua entubada (frente al predio) previo al ingreso a las piscinas de alevinaje
- En el efluente de Piscícola Reina del Cisne

### 4.2 Período, horario y frecuencia de muestreo:

El muestreo se realizará un día a la semana, en horario de 08h00 a 16h00, tomando una muestra puntual cada hora, las mismas que se conservarán a 4°C (aproximadamente).

Al final del día de muestreo, se compondrá una muestra por cada sitio de muestreo descrito en el apartado 4.1; para ello se tomarán las alícuotas proporcionales al caudal de cada una de las muestras puntuales. Es decir, se enviarán al laboratorio 4 muestras compuestas.

El volumen de cada alícuota se calcula de la siguiente forma:

$$V_a = V_m \times Q_a + Q_t$$

En donde:

- $V_m$  = Volumen de la muestra compuesta (4 litros).
- $V_a$  = volumen (ml) que debe tomarse de cada muestra puntual.
- $Q_a$  = caudal (litros/segundo), medido de cada muestra puntual.
- $Q_t$  = sumatoria de los caudales medidos de las muestras puntuales.

### 4.3 Volumen de muestra: De acuerdo a los parámetros a analizarse, cada muestra compuesta deberá tener un volumen de 4 litros y deberá permanecer refrigerada a 4°C hasta ser entregada a un laboratorio acreditado para su análisis.



**4.4 Parámetros a medir in-situ:** se medirán y registrarán en el campo en cada una de las muestras puntuales tomadas en los sitios descritos en el apartado 4.1; los parámetros: caudal, pH y temperatura.

**4.5 Parámetros a analizar en laboratorio acreditado:** los parámetros a analizar en cada una de las muestras compuestas son:

- Demanda Bioquímica de Oxígeno
- Demanda Química de Oxígeno
- Coliformes fecales
- pH
- Nitrógeno total Kjeldahl
- Fósforo total
- Sólidos suspendidos totales
- Sustancias solubles al hexano

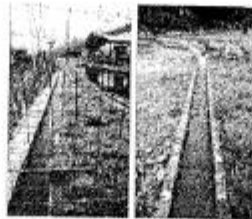
**4.6** El monitoreo deberá realizarse de acuerdo a la Norma Técnica Ecuatoriana NTE, INEN 2169:98 Agua: Calidad del agua, muestreo, manejo y conservación de muestras y la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2176:98. Agua: Calidad del agua, muestreo, técnicas de muestreo.

## 5 INFORME DE AUTOMONITOREO

El informe deberá contener como mínimo lo siguiente:

- Descripción de la actividad (ubicación, tipo de actividad, horario de producción, número de trabajadores, descripción del proceso productivo, abastecimiento de agua y sistema de alcantarillado interno).
- Descripción detallada del proceso del monitoreo (periodo y frecuencia de muestreo, medición de caudales, tipo de recipientes, preparación de recipientes, método de recolección de muestras, llenado de recipiente, tipo de muestra, composición de muestra, conservación de muestras, transporte de muestras, tiempo de entrega al laboratorio, sitio de muestreo, identificación de las muestras y condiciones atmosféricas).
- Descripción de las condiciones de operación y datos de producción bajo las cuales fueron tomadas las muestras.
- Mediciones de los parámetros in situ.
- Responsable del monitoreo y detalle del proceso de entrega-recepción de las muestras al Laboratorio.
- Copia de los resultados de los análisis emitidos por un laboratorio acreditado.
- Resumen de los resultados de laboratorio contrastados con la normativa Nacional para descarga a cuerpos de agua dulce.

## ANEXO FOTOGRÁFICO



Fotografías 1: Canales de captación



Fotografías 2: Alimento balanceado para truchas



Fotografía 3: Desarenador y filtro de piedra



Fotografía 4: Sitio de disposición final de vísceras



*Anexo VIII. Registro Ambiental de la piscícola Estación Arco Iris.*



MAE-RA-2015-224864  
martes, 28 de junio 2016

## REGISTRO AMBIENTAL

### 1. INFORMACIÓN DEL PROYECTO

#### 1.1 PROYECTO, OBRA O ACTIVIDAD

Estación Piscícola Arco Iris EPAI

#### 1.2 ACTIVIDAD ECONÓMICA

CULTIVO DE PECES DE AGUA DULCE Y GRANJAS PISCÍCOLAS CON SUPERFICIE MAYOR A 5 HECTÁREAS

#### 1.3 RESUMEN DEL PROYECTO, OBRA O ACTIVIDAD

Reproducción de ovas y alevines de Trucha

### 2. DATOS GENERALES

#### Sistema de coordenadas

Este (X)	Norte (Y)	Altitud
705635.0	9689053.0	3372
705618.0	9689026.0	3372
705626.0	9689004.0	3372
705647.0	9688991.0	3372
705713.0	9688951.0	3372
705731.0	9688897.0	3372
705766.0	9688848.0	3372
705768.0	9688797.0	3372
705833.0	9688845.0	3372
705921.0	9688933.0	3372
705903.0	9688984.0	3372
705840.0	9689095.0	3372
705713.0	9689166.0	3372
705635.0	9689053.0	3372

Estado del proyecto, obra o actividad (FASE):	- Operación y Mantenimiento
Dirección del proyecto, obra o actividad:	Kilómetro 18 vía Cuenca - Moyeturo

#### Dirección

Provincia	Cantón	Parroquia
AZUAY	CUENCA	SAYAUSI
Tipo zona: Rural		

#### Datos del promotor

Nombre:	ROMERO CORREA JORGE VINICIO	
Domicilio del promotor:	Kennedy Norte, Av. Francisco de Orellana s/n y Justino Cornejo	
Correo electrónico del promotor:	equezada@acuacultura.gob.ec	Teléfono: 042681005

#### Características de la zona

Área del proyecto (ha): 5.73	Infraestructura (residencial, industrial, agropecuaria u otros): Agropecuaria
------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------


MAE-RA-2015-224864  
martes, 28 de junio 2016

Area Total del proyecto (ha): 5.73	Area de implantación: 2.85 ha
Agua potable: No	Consumo de agua por mes (m3): 0
Energía eléctrica: Si	Consumo de energía eléctrica por mes (Kv): 400.00
Acceso vehicular: Si	Tipo de vía de acceso: Vías secundarias
Alcantarillado: No	
<b>SITUACIÓN DEL PREDIO</b>	
Situación del predio:	Propia

### 3. MARCO LEGAL REFERENCIAL

(Ver Anexo 1)

### 4. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

#### Actividades del proceso

Fase	Actividad	Fecha desde	Fecha hasta	Descripción
Operación y Mantenimiento	Selección de pesca	04/01/2016	29/12/2016	Se realiza en base al estado fisiológico del pez, se coge el 30% de cada lote para obtener reproductores, esto se realiza cada 3 meses durante todo el año, osea tenemos 4 lotes de reproductores anuales que incluyen unos 1200 peces de varias edades
Operación y Mantenimiento	Reproducción artificial	01/03/2016	30/11/2016	Se extrae las ovas de la hembras y luego se extrae el semen de los machos, relación 3 hembras - 1 macho, para luego proceder a la mezcla para obtener fecundación de las ovas de trucha
Operación y Mantenimiento	Encubación	01/03/2016	29/11/2016	Los huevos fecundados se ubican en bastidores con capacidad entre 8000 a 10000 huevos a 7°C durante 30 a 35 días, se realiza limpieza periódicas durante todo el proceso para eliminar ovas muertas para prevenir enfermedades
Operación y	Estadio larvario	01/04/2016	31/10/2016	Consiste en la eclosión



MAE-RA-2015-224864  
martes, 28 de junio 2016

Mantenimiento				de las ovas hasta la absorción del saco vitelino, dura aproximadamente 15 días, para luego proceder con la alimentación artificial
Operación y Mantenimiento	Alimentación	01/01/2016	31/12/2016	Se realiza en las diferentes fases de cría, utilizando balanceado para trucha del 40 al 45% de proteína, utilizando tablas de alimentación que se actualizan mensualmente para evitar el desperdicio y contaminación del agua
Operación y Mantenimiento	Limpieza de piscinas	01/01/2016	30/12/2016	Cada mes se realiza la limpieza a las paredes y pisos de las piscinas de todas las áreas, utilizando cepillos, para prevenir enfermedades de tipo micóticas, por la temperatura del agua se puede decir que no tenemos enfermedades bacterianas
Operación y Mantenimiento	Venta de alevines	01/04/2016	30/11/2016	Se comercializan 1400000 alevines en la temporada de producción que dura de 8 meses, atendiendo a pequeños productores de 9 provincias

#### Equipos y herramientas

Equipo o Herramienta	Cantidad (Unidades)
computadoras	2
oxigenadores	3
equipo multiparametrico agua, ph, oxigeno disuelto	1
balanzas	2
microscopio y estereoscopio	1
incubadoras	3
equipo de laboratorio	1

#### Materiales e insumos

Materiales e insumos	Cantidad
Agua dulce	6000 (m3)



MAE-RA-2015-224864  
martes, 28 de junio 2016

Carbonato de calcio	400 (kg)
Energía eléctrica	400 (KW)
Sal en grano	750 (kg)
Balanceado	14534 (kg)

## 5. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE IMPLANTACIÓN

Clima:	Templado (más de 2300msnm)
Tipo de suelo:	Francos
Pendiente del suelo:	Montañoso (Terreno quebrado)
Demografía (Población más cercana):	Entre 0 y 1.000 habitantes
Abastecimiento de agua población:	Agua potable
Evacuación de aguas servidas población:	Alcantarillado Fosa séptica
Electrificación:	Red pública
Vialidad y acceso a la población:	Vías principales Vías secundarias
Organización social:	Primer grado (comunal, barrial, urbanización)

### Componente Fauna:

Piso Zoogeográfico donde se encuentra el proyecto:	Piso zoogeográfico no definido (> 3000 msnm)
Grupos faunísticos que se encontraron en el área del Proyecto:	Áves Insectos Mamíferos Peces Reptiles

## 6. PRINCIPALES IMPACTOS AMBIENTALES

<b>Fase: Operación y Mantenimiento - Actividad: Selección de pesca</b>	
Factor	Impacto
Socio - Económico	Generación de plazas de empleo
<b>Fase: Operación y Mantenimiento - Actividad: Alimentación</b>	
Factor	Impacto
Agua	Contaminación del agua
<b>Fase: Operación y Mantenimiento - Otras Actividades: Limpieza de piscinas</b>	
Factor	Impacto
Agua	baja contaminación por poca cantidad de sedimentos
<b>Fase: Operación y Mantenimiento - Otras Actividades: Venta de alevines</b>	
Factor	Impacto
Suelo	Desechos sólidos

## 7. PLAN DE MANEJO AMBIENTAL (PMA)





MAE-RA-2015-224864  
martes, 28 de junio 2016

Plan de cierre, abandono y entrega del área						
Actividad	Responsable	Fecha desde	Fecha hasta	Presupuesto	Justificativo	Frecuencia
Acondicionar las zonas para que sean cubiertas de vegetación nativa	Administrador	2017-07-06	2017-08-01	\$1,500.00		1
Plan de comunicación y capacitación						
Actividad	Responsable	Fecha desde	Fecha hasta	Presupuesto	Justificativo	Frecuencia
Simulacro ante situaciones de emergencia deslaves y temblores	Jefe de producción	2016-11-22	2016-11-25	\$400.00		1
Capacitar al personal sobre posibles deslaves y actividades para prevenir la integridad del personal que labora	Administrador	2016-02-09	2016-02-10	\$400.00		1
Plan de contingencias						
Actividad	Responsable	Fecha desde	Fecha hasta	Presupuesto	Justificativo	Frecuencia
Elaborar Plan de Contingencia para deslaves y temblores	Administrador	2016-10-11	2016-11-10	\$400.00		1
Plan de manejo de desechos						
Actividad	Responsable	Fecha desde	Fecha hasta	Presupuesto	Justificativo	Frecuencia
Recolección de desechos sólidos y disposición final con sistema de recolección municipal	Operarios piscícolas	2016-01-04	2016-12-30	\$100.00		24
Plan de monitoreo y seguimiento						
Actividad	Responsable	Fecha desde	Fecha hasta	Presupuesto	Justificativo	Frecuencia
Análisis de agua del punto de ingreso y descarga	Administrador	2016-05-16	2016-06-01	\$1,200.00		1
Registro del uso de balanceado	Jefe de producción	2016-01-01	2016-12-30	\$100.00		12
Plan de prevención y mitigación de impactos						
Actividad	Responsable	Fecha desde	Fecha hasta	Presupuesto	Justificativo	Frecuencia
Limpieza de estanques de sedimentación	Jefe de producción	2016-01-01	2016-12-30	\$300.00		12
Capacitar al personal que labora sobre técnica de cultivo y producción	Jefe de producción	2016-01-12	2016-12-29	\$600.00		2





MAE-RA-2015-224864  
martes, 28 de junio 2016

Plan de rehabilitación						
Actividad	Responsable	Fecha desde	Fecha hasta	Presupuesto	Justificativo	Frecuencia
Desocupación del área y retiro de equipos	Administrador	2017-06-15	2017-06-30	\$500.00		1
Plan de relaciones comunitarias						
Actividad	Responsable	Fecha desde	Fecha hasta	Presupuesto	Justificativo	Frecuencia
Capacitar a pequeños productores y técnicos de diferentes provincias	Administrador y jefe de producción	2016-03-01	2016-11-22	\$600.00		6
Plan de seguridad y salud ocupacional						
Actividad	Responsable	Fecha desde	Fecha hasta	Presupuesto	Justificativo	Frecuencia
Implementar señalética de seguridad	Jefe de producción	2016-08-03	2016-08-24	\$100.00		1
Entrega de equipos de protección al personal que labora	Jefe de producción	2016-05-04	2016-05-05	\$2,500.00		1
						<b>Total: \$8,700.00</b>



*Anexo IX. Producción anual de la piscícola administrada por ETAPA EP "Chirimachay".*



## PRODUCCION ANUAL DE LA PISCICOLA "CHIRIMACHAY".

2013-2014-2015-2016-2017




SUB GERENCIA DE GESTIÓN AMBIENTAL

JULIO 2017

ETAPA - EP

Empresa Pública Municipal de Telecomunicaciones Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento de Cuenca -ETAPA-

	PROPUESTA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL CENTRO PARA EL MANEJO Y GESTIÓN INTEGRAL DEL ÁREA DE AMORTIGUAMIENTO DEL PARQUE NACIONAL CAJAS Y DEL WICORREDOR DEL RÍO TOMERAMBA EN EL PREDIO DE "CHIRIMACHAY".	
	Código:	SGA-ID-054
	Rev. No:	1

### Descripción del predio de Chirimachay

La Estación de Chirimachay (lugar de mucho frío) se ubica en el sector del mismo nombre en el kilómetro 18 de la vía Cuenca - Molleturo- El Empalme - Puerto Inca, en la parroquia Sayausí, cantón Cuenca, provincia del Azuay (Figura No. 1).

Dentro de las coordenadas: 704832,42 m E / 9689894,35 m N, Altitud 3367msnm.

#### Límites:

Norte: Río Quinuas

Sur: Parque Nacional Cajas

Este: Propiedades de la Sra. Geraldina Ginín y Sr. Manuel Ullaui

Oeste: Estación piscícola Arco Iris (MAGAP) y propiedades del Sr. Rosendo Pacheco.

**Superficie del predio:** 10,73 Ha, distribuidas de la siguiente manera:

Zona Sur: Cubierta con vegetación natural 7,7Ha

Zona Norte: Pasto Natural, instalaciones productivas y administrativas 3,03Ha

La propiedad se encuentra dividida por la vía.



Fotografía No. 1.- Vista aérea del predio Chirimachay GC

**Climatología:** Corresponde a la zona de bosque montano, su temperatura promedio anual es de 9°C, existiendo variaciones entre 5° a 14°C; las

**Zona de influencia:** Al norte del predio se encuentra otra piscícola propiedad de la Subsecretaría de Pesca del MAGAP (Piscícola Arcoiris) y sobre este predio hacia el noreste se encuentra un predio de 1.240 hectáreas adquirido por ETAPA EP en el año 2012 denominado **Gallo Cantana** (Figura No. 2).

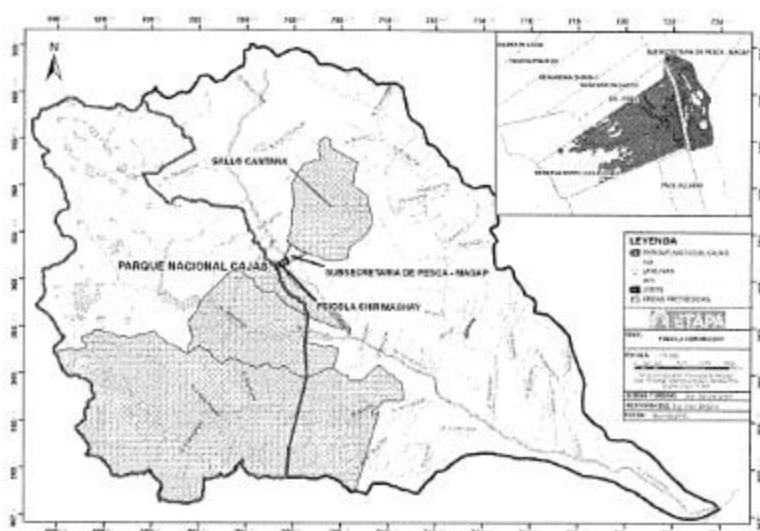



Figura No.1.- Ubicación del predio Chirimachay en relación a la propiedad Gallo Cantana

El predio de Chirimachay; se maneja como estación piscícola productora de truchas desde hace más de 60 años, administrada en su orden por el Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG); posteriormente estuvo a cargo del ex CREA. Con el decreto ejecutivo N° 1689 del 29 de abril del 2009 pasa a ser parte de los predios que administra ETAPA-EP. Es una de las estaciones piscícolas más antiguas de la región.

Empresa Pública Municipal de Telecomunicaciones Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento de Cuenca -ETAPA-

	<b>PROPUESTA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL CENTRO PARA EL MANEJO Y GESTIÓN INTEGRAL DEL ÁREA DE AMORTIGUAMIENTO DEL PARQUE NACIONAL CAJAS Y DEL SUCORREDO DEL RÍO TOMEBAÑA EN EL PREDIO DE "CHIRIMACHAY".</b>	Código:	SGA-ID-054
		Rev. No:	1

### PRODUCCIÓN PISCÍCOLA CHIRIMACHAY.

AÑO	OVAS	ALEVINES	CARNE DE DESCARTE	CARNE JUVENIL	CARNE DE REPOSICIÓN
2013	3.067.000	1.428.150	3378,5 lbs.	12896 lbs.	
2014	3.176.000	1.357.750	4181 lbs.	21002 lbs.	
2015	3.120.000	1.326.750	7046 lbs.	8538 lbs.	2321 lbs.
2016	0	0	3940 lbs.	3415 lbs.	
2017	0	0	0	0	

Por disposición del Directorio de ETAPA-EP, a mediados del año 2015, junio, se resuelve suspender la actividad comercial de la piscícola Chirimachay; en consecuencia, se suspende también la producción de ovas, alevines y truchas en sus diferentes estados: (carne de descarte, carne juvenil y carne de reposición. Clasificación de acuerdo a la edad del individuo).

Esta es la razón por la cual a partir de mediados del año 2015 no hay registro de producción en los años 2016 y 2017.

En el cuadro anterior "PRODUCCIÓN PISCICOLA CHIRIMACHAY" constan los datos por año y por estado del individuo ova y alevín y se contabilizan como individuos. Las truchas de Descarte, Juvenil y Reposición se contabilizan por libras siendo esta la unidad de medida "producción-comercialización".